05-有序集合为何能同时支持点查询和范围查询?

你好，我是蒋德钧。

有序集合（Sorted Set）是Redis中一种重要的数据类型，它本身是集合类型，同时也可以支持集合中的元素带有权重，并按权重排序。

而曾经就有一位从事Redis开发的同学问我：为什么Sorted Set能同时提供以下两种操作接口，以及它们的复杂度分别是O(logN)+M和O(1)呢?

- ZRANGEBYSCORE：按照元素权重返回一个范围内的元素。
- ZSCORE：返回某个元素的权重值。

实际上，这个问题背后的本质是：**为什么Sorted Set既能支持高效的范围查询，同时还能以O(1)复杂度获取元素权重值?**

这其实就和Sorted Set底层的设计实现有关了。Sorted Set能支持范围查询，这是因为它的核心数据结构设计采用了跳表，而它又能以常数复杂度获取元素权重，这是因为它同时采用了哈希表进行索引。

那么，你是不是很好奇，Sorted Set是如何把这两种数据结构结合在一起的？它们又是如何进行协作的呢？今天这节课，我就来给你介绍下Sorted Set采用的双索引的设计思想和实现。理解和掌握这种双索引的设计思想，对于我们实现数据库系统是具有非常重要的参考价值的。

好，接下来，我们就先来看看Sorted Set的基本结构。

Sorted Set基本结构

要想了解Sorted Set的结构，就需要阅读它的代码文件。这里你需要注意的是，在Redis源码中，Sorted Set的代码文件和其他数据类型不太一样，它并不像哈希表的dict.c/dict.h，或是压缩列表的ziplist.c/ziplist.h，具有专门的数据结构实现和定义文件。

Sorted Set的**实现代码在t_zset.c文件中**，包括Sorted Set的各种操作实现，同时Sorted Set相关的**结构定义在server.h文件中**。如果你想要了解学习Sorted Set的模块和操作，注意要从t_zset.c和server.h这两个文件中查找。

好，在知道了Sorted Set所在的代码文件之后，我们可以先来看下它的结构定义。Sorted Set结构体的名称为zset，其中包含了两个成员，分别是哈希表dict和跳表zsl，如下所示。

```
typedef struct zset {
    dict *dict;
    zskiplist *zsl;
} zset;
```

在这节课一开始，我就说过Sorted Set这种同时采用跳表和哈希表两个索引结构的设计思想，是非常值得学习的。因为这种设计思想充分利用了跳表高效支持范围查询（如ZRANGEBYSCORE操作），以及哈希表高效

支持单点查询（如ZSCORE操作）的特征。这样一来，我们就可以在一个数据结构中，同时高效支持范围查询和单点查询，这是单一索引结构比较难达到的效果。

不过，既然Sorted Set采用了跳表和哈希表两种索引结构来组织数据，我们在实现Sorted Set时就会面临以下两个问题：

- **跳表或是哈希表中，各自保存了什么样的数据？**
- **跳表和哈希表保存的数据是如何保持一致的？**

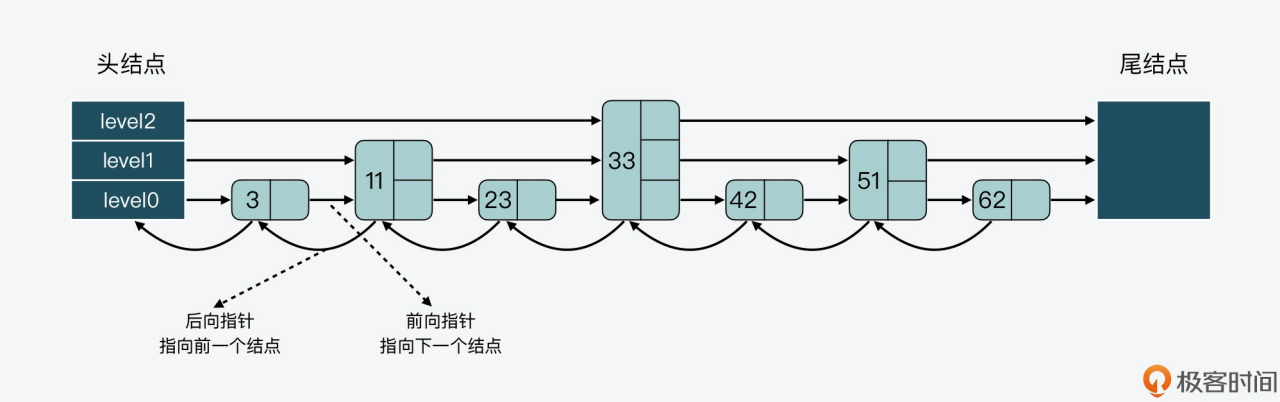
因为我已经在第3讲中给你介绍了Redis中哈希表的实现思路，所以接下来，我主要是给你介绍下跳表的设计和实现。通过学习跳表，你可以了解到跳表中保存的数据，以及跳表的常见操作。然后，我再带你来探究下Sorted Set如何将哈希表和跳表组合起来使用的，以及这两个索引结构中的数据是如何保持一致的。

跳表的设计与实现

首先，我们来了解下什么是跳表（skiplist）。

跳表其实是一种多层的有序链表。在课程中，为了便于说明，我把跳表中的层次从低到高排个序，最底下一层称为level0，依次往上是level1、level2等。

下图展示的是一个3层的跳表。其中，头结点中包含了三个指针，分别作为leve0到level2上的头指针。



可以看到，在level 0上一共有7个结点，分别是3、11、23、33、42、51、62，这些结点会通过指针连接起来，同时头结点中的level0指针会指向结点3。然后，在这7个结点中，结点11、33和51又都包含了一个指针，同样也依次连接起来，且头结点的level 1指针会指向结点11。这样一来，这3个结点就组成了level 1上的所有结点。

最后，结点33中还包含了一个指针，这个指针会指向尾结点，同时，头结点的level 2指针会指向结点33，这就形成了level 2，只不过level 2上只有1个结点33。

好，在对跳表有了直观印象后，我们再来看看跳表实现的具体数据结构。

跳表数据结构

我们先来看下跳表结点的结构定义，如下所示。

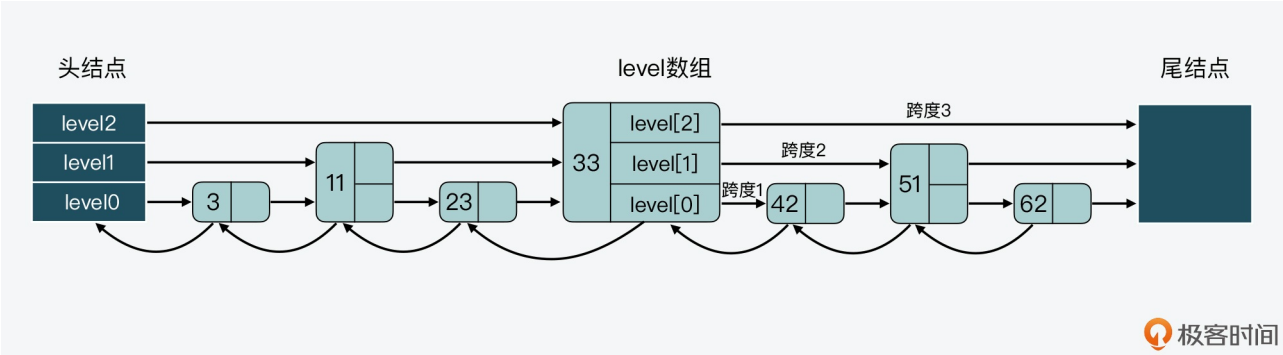
```
typedef struct zskiplistNode {
    //Sorted Set中的元素
    sds ele;
    //元素权重值
    double score;
    //后向指针
    struct zskiplistNode *backward;
    //节点的level数组，保存每层上的前向指针和跨度
    struct zskiplistLevel {
        struct zskiplistNode *forward;
        unsigned long span;
    } level[];
} zskiplistNode;
```

首先，因为Sorted Set中既要保存元素，也要保存元素的权重，所以对应到跳表结点的结构定义中，就对应了sds类型的变量ele，以及double类型的变量score。此外，为了便于从跳表的尾结点进行倒序查找，每个跳表结点中还保存了一个后向指针（*backward），指向该结点的前一个结点。

然后，因为跳表是一个多层的有序链表，每一层也是由多个结点通过指针连接起来的。因此在跳表结点的结构定义中，还包含了一个zskiplistLevel结构体类型的**level数组**。

level数组中的每一个元素对应了一个zskiplistLevel结构体，也对应了跳表的一层。而zskiplistLevel结构体定义了一个指向下一结点的前向指针（*forward），这就使得结点可以在某一层上和后续结点连接起来。同时，zskiplistLevel结构体中还定义了**跨度**，这是用来记录结点在某一层上的*forward指针和该指针指向的结点之间，跨越了level0上的几个结点。

我们来看下面这张图，其中就展示了33结点的level数组和跨度情况。可以看到，33结点的level数组有三个元素，分别对应了三层level上的指针。此外，在level数组中，level 2、level1和level 0的跨度span值依次是3、2、1。



最后，因为跳表中的结点都是按序排列的，所以，对于跳表中的某个结点，我们可以把从头结点到该结点的查询路径上，各个结点在所查询层次上的*forward指针跨度，做一个累加。这个累加值就可以用来计算该结点在整个跳表中的顺序，另外这个结构特点还可以用来实现Sorted Set的rank操作，比如ZRANK、ZREVRANK等。

好，了解了跳表结点的定义后，我们可以来看看跳表的定义。在跳表的结构中，定义了跳表的头结点和尾结点、跳表的长度，以及跳表的最大层数，如下所示。

```
typedef struct zskiplist {
    struct zskiplistNode *header, *tail;
    unsigned long length;
    int level;
} zskiplist;
```

因为跳表的每个结点都是通过指针连接起来的，所以我们在使用跳表时，只需要从跳表结构体中获得头结点或尾结点，就可以通过结点指针访问到跳表中的各个结点。

那么，当我们在Sorted Set中查找元素时，就对应到了Redis在跳表中查找结点，而此时，查询代码是否需要像查询常规链表那样，逐一顺序查询比较链表中的每个结点呢？

其实是不用的，因为这里的查询代码，可以使用跳表结点中的level数组来加速查询。

跳表结点查询

事实上，当查询一个结点时，跳表会先从头结点的最高层开始，查找下一个结点。而由于跳表结点同时保存了元素和权重，所以跳表在比较结点时，相应地有**两个判断条件**：

1. 当查找到的结点保存的元素权重，比要查找的权重小时，跳表就会继续访问该层上的下一个结点。
2. 当查找到的结点保存的元素权重，等于要查找的权重时，跳表会再检查该结点保存的SDS类型数据，是否比要查找的SDS数据小。如果结点数据小于要查找的数据时，跳表仍然会继续访问该层上的下一个结点。

但是，当上述两个条件都不满足时，跳表就会用到当前查找到的结点的level数组了。跳表会使用当前结点level数组里的下一层指针，然后沿着下一层指针继续查找，这就相当于跳到了下一层接着查找。

这部分的代码逻辑如下所示，因为在跳表中进行查找、插入、更新或删除操作时，都需要用到查询的功能，你可以重点了解下。

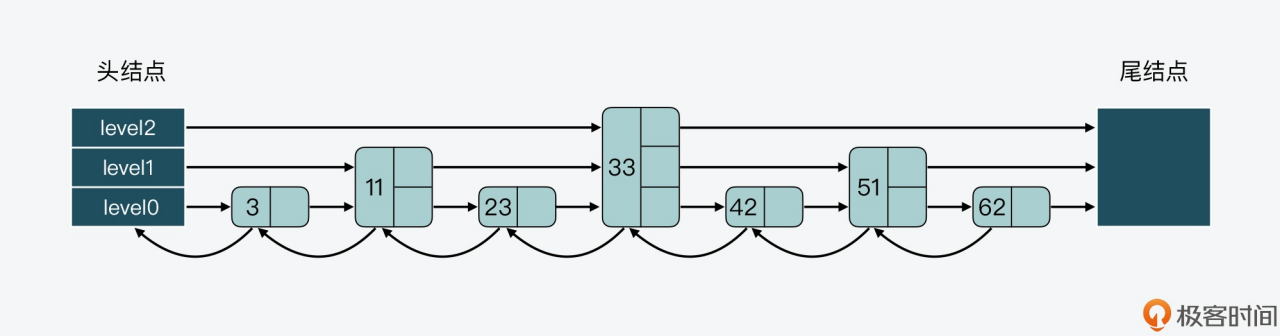
```
//获取跳表的表头
x = zsl->header;
//从最大层数开始逐一遍历
for (i = zsl->level-1; i >= 0; i--) {
   ...
   while (x->level[i].forward && (x->level[i].forward->score < score || (x->level[i].forward->score == scor
    && sdscmp(x->level[i].forward->ele,ele) < 0))) {
      ...
      x = x->level[i].forward;
    }
    ...
}
```

跳表结点层数设置

这样一来，有了level数组之后，一个跳表结点就可以在多层上被访问到了。而一个结点的level数组的层数也就决定了，该结点可以在几层上被访问到。

所以，当我们要决定结点层数时，实际上是要决定level数组具体有几层。

一种设计方法是，让每一层上的结点数约是下一层上结点数的一半，就像下面这张图展示的。第0层上的结点数是7，第1层上的结点数是3，约是第0层上结点数的一半。而第2层上的结点就33一个，约是第1层结点数的一半。

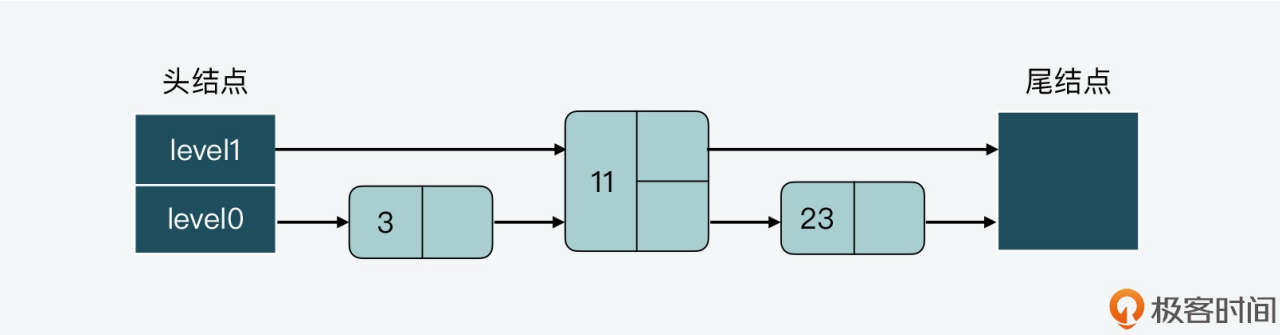


这种设计方法带来的好处是，当跳表从最高层开始进行查找时，由于每一层结点数都约是下一层结点数的一半，这种查找过程就类似于二分查找，**查找复杂度可以降低到O(logN)**。

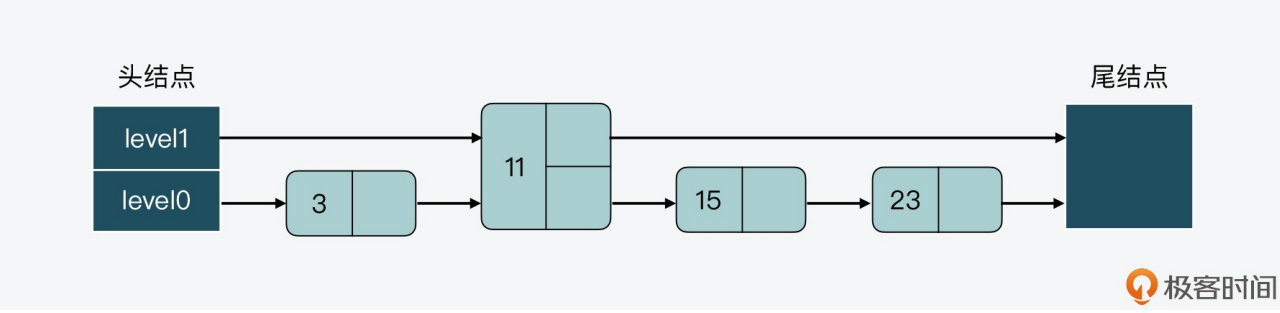
但这种设计方法也会带来负面影响，那就是为了维持相邻两层上结点数的比例为2:1，一旦有新的结点插入或是有结点被删除，那么插入或删除处的结点，及其后续结点的层数都需要进行调整，而这样就带来了额外的开销。

我先来给你举个例子，看下不维持结点数比例的影响，这样虽然可以不调整层数，但是会增加查询复杂度。

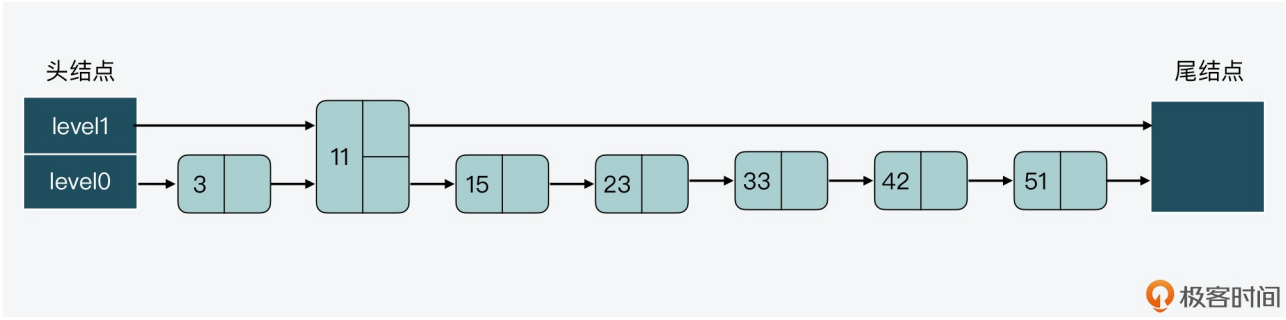
首先，假设当前跳表有3个结点，其数值分别是3、11、23，如下图所示。



接着，假设现在要插入一个结点15，如果我们不调整其他结点的层数，而是直接插入结点15的话，那么插入后，跳表level 0和level 1两层上的结点数比例就变成了为4:1，如下图所示。



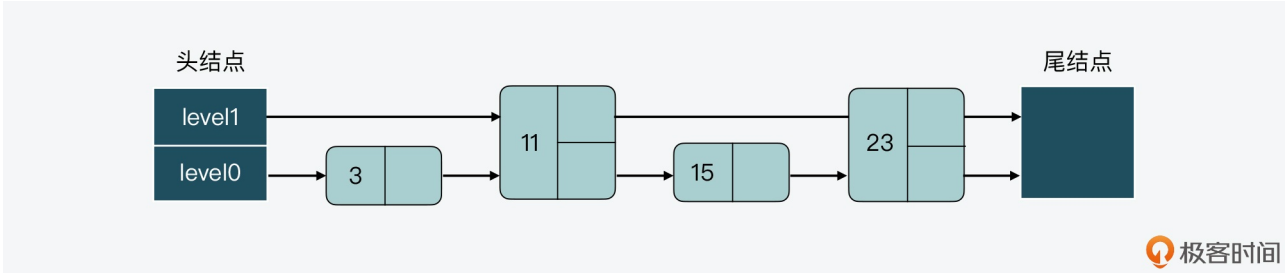
而假设我们持续插入多个结点，但是仍然不调整其他结点的层数，这样一来，level0上的结点数就会越来越多，如下图所示。



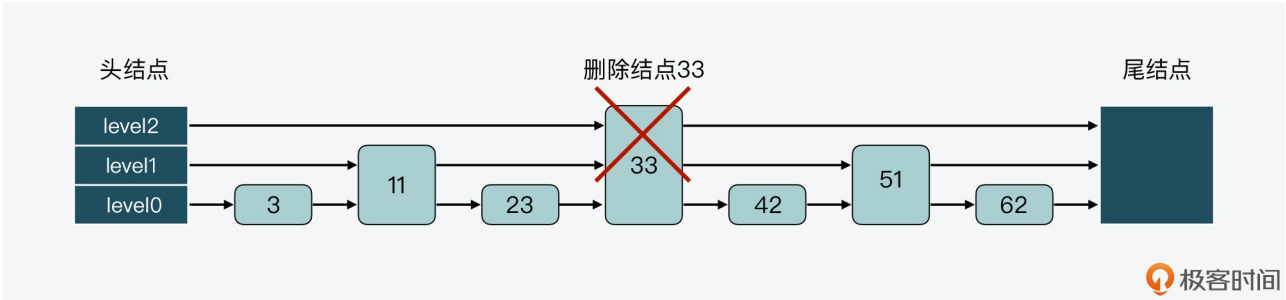
相应的，如果我们要查找大于11的结点，就需要在level 0的结点中依次顺序查找，复杂度就是O(N)了。所以，为了降低查询复杂度，我们就需要维持相邻层结点数间的关系。

好，接下来，我们再来看下维持相邻层结点数为2:1时的影响。

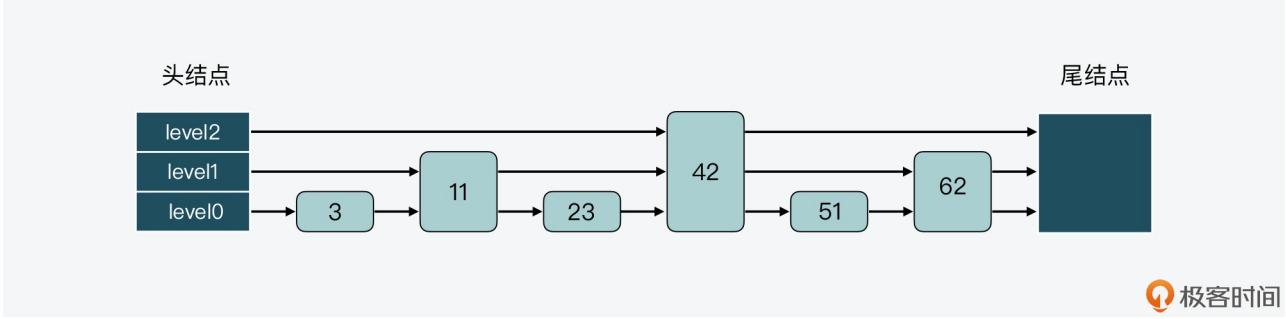
比如，我们可以把结点23的level数组中增加一层指针，如下图所示。这样一来，level 0和level 1上的结点数就维持在了2:1。但相应的代价就是，我们也需要给level数组重新分配空间，以便增加一层指针。



类似的，如果我们要在有7个结点的跳表中删除结点33，那么结点33后面的所有结点都要进行调整：



调整后的跳表如下图所示。你可以看到，结点42和62都要新增level数组空间，这样能分别保存3层的指针和2层的指针，而结点51的level数组则需要减少一层。也就是说，这样的调整会带来额外的操作开销。



因此，为了避免上述问题，跳表在创建结点时，采用的是另一种设计方法，即**随机生成每个结点的层数**。此时，相邻两层链表上的结点数并不需要维持在严格的2:1关系。这样一来，当新插入一个结点时，只需要修改前后结点的指针，而其他结点的层数就不需要随之改变了，这就降低了插入操作的复杂度。

在Redis源码中，跳表结点层数是由**zslRandomLevel函数**决定。zslRandomLevel函数会把层数初始化为1，这也是结点的最小层数。然后，该函数会生成随机数，如果随机数的值小于ZSKIPLIST_P（指跳表结点增加层数的概率，值为0.25），那么层数就增加1层。因为随机数取值到[0,0.25)范围内的概率不超过25%，所以这也就表明了，每增加一层的概率不超过25%。下面的代码展示了zslRandomLevel函数的执行逻辑，你可以看下。

```
#define ZSKIPLIST_MAXLEVEL 64  //最大层数为64
#define ZSKIPLIST_P 0.25       //随机数的值为0.25
int zslRandomLevel(void) {
    //初始化层为1
    int level = 1;
    while ((random()&0xFFFF) < (ZSKIPLIST_P * 0xFFFF))
        level += 1;
    return (level<ZSKIPLIST_MAXLEVEL) ? level : ZSKIPLIST_MAXLEVEL;
}
```

好，现在我们就了解了跳表的基本结构、查询方式和结点层数设置方法，那么下面我们接着来学习下，Sorted Set中是如何将跳表和哈希表组合起来使用的，以及是如何保持这两个索引结构中的数据是一致的。

哈希表和跳表的组合使用

其实，哈希表和跳表的组合使用并不复杂。

首先，我们从刚才介绍的Sorted Set结构体中可以看到，Sorted Set中已经同时包含了这两种索引结构，这就是组合使用两者的第一步。然后，我们还可以在Sorted Set的创建代码（t_zset.c文件）中，进一步看到跳表和哈希表被相继创建。

当创建一个zset时，代码中会相继调用**dictCreate函数**创建zset中的哈希表，以及调用**zslCreate函数**创建跳表，如下所示。

```
zs = zmalloc(sizeof(*zs));
zs->dict = dictCreate(&zsetDictType,NULL);
zs->zsl = zslCreate();
```

这样，在Sorted Set中同时有了这两个索引结构以后，接下来，我们要想组合使用它们，就需要保持这两个索引结构中的数据一致了。简单来说，这就需要我们在往跳表中插入数据时，同时也向哈希表中插入数据。

而这种保持两个索引结构一致的做法其实也不难，当往Sorted Set中插入数据时，zsetAdd函数就会被调用。所以，我们可以通过阅读Sorted Set的元素添加函数zsetAdd了解到。下面我们就来分析一下zsetAdd函数的执行过程。

- **首先，zsetAdd函数会判定Sorted Set采用的是ziplist还是skiplist的编码方式。**

注意，在不同编码方式下，zsetAdd函数的执行逻辑也有所区别。这一讲我们重点关注的是skiplist的编码方式，所以接下来，我们就主要来看看当采用skiplist编码方式时，zsetAdd函数的逻辑是什么样的。

zsetAdd函数会先使用哈希表的dictFind函数，查找要插入的元素是否存在。如果不存在，就直接调用跳表元素插入函数zslInsert和哈希表元素插入函数dictAdd，将新元素分别插入到跳表和哈希表中。

这里你需要注意的是，Redis并没有把哈希表的操作嵌入到跳表本身的操作函数中，而是在zsetAdd函数中依次执行以上两个函数。这样设计的好处是保持了跳表和哈希表两者操作的独立性。

- **然后，如果zsetAdd函数通过dictFind函数发现要插入的元素已经存在，那么zsetAdd函数会判断是否要增加元素的权重值。**

如果权重值发生了变化，zsetAdd函数就会调用zslUpdateScore函数，更新跳表中的元素权重值。紧接着，zsetAdd函数会把哈希表中该元素（对应哈希表中的key）的value指向跳表结点中的权重值，这样一来，哈希表中元素的权重值就可以保持最新值了。

下面的代码显示了zsetAdd函数的执行流程，你可以看下。

```
 //如果采用ziplist编码方式时，zsetAdd函数的处理逻辑
 if (zobj->encoding == OBJ_ENCODING_ZIPLIST) {
   ...
}
//如果采用skiplist编码方式时，zsetAdd函数的处理逻辑
else if (zobj->encoding == OBJ_ENCODING_SKIPLIST) {
        zset *zs = zobj->ptr;
        zskiplistNode *znode;
        dictEntry *de;
        //从哈希表中查询新增元素
        de = dictFind(zs->dict,ele);
        //如果能查询到该元素
        if (de != NULL) {
            /* NX? Return, same element already exists. */
            if (nx) {
                *flags |= ZADD_NOP;
                return 1;
            }
            //从哈希表中查询元素的权重
            curscore = *(double*)dictGetVal(de);


            //如果要更新元素权重值
            if (incr) {
                //更新权重值
               ...
            }


            //如果权重发生变化了
            if (score != curscore) {
                //更新跳表结点
                znode = zslUpdateScore(zs->zsl,curscore,ele,score);
                //让哈希表元素的值指向跳表结点的权重
                dictGetVal(de) = &znode->score;
                ...
            }
            return 1;
        }
       //如果新元素不存在
        else if (!xx) {
            ele = sdsdup(ele);
```

```
            //新插入跳表结点
            znode = zslInsert(zs->zsl,score,ele);
            //新插入哈希表元素
            serverAssert(dictAdd(zs->dict,ele,&znode->score) == DICT_OK);
            ...
            return 1;
        }
        ..
```

总之，你可以记住的是，Sorted Set先是通过在它的数据结构中同时定义了跳表和哈希表，来实现同时使用这两种索引结构。然后，Sorted Set在执行数据插入或是数据更新的过程中，会依次在跳表和哈希表中插入或更新相应的数据，从而保证了跳表和哈希表中记录的信息一致。

这样一来，Sorted Set既可以使用跳表支持数据的范围查询，还能使用哈希表支持根据元素直接查询它的权重。

小结

这节课，我给你介绍了Sorted Set数据类型的底层实现。Sorted Set为了能同时支持按照权重的范围查询，以及针对元素权重的单点查询，在底层数据结构上设计了**组合使用跳表和哈希表**的方法。

跳表是一个多层的有序链表，在跳表中进行查询操作时，查询代码可以从最高层开始查询。层数越高，结点数越少，同时高层结点的跨度会比较大。因此，在高层查询结点时，查询一个结点可能就已经查到了链表的中间位置了。

这样一来，跳表就会先查高层，如果高层直接查到了等于待查元素的结点，那么就可以直接返回。如果查到第一个大于待查元素的结点后，就转向下一层查询。下层上的结点数多于上层，所以这样可以在更多的结点中进一步查找待查元素是否存在。

跳表的这种设计方法就可以节省查询开销，同时，跳表设计采用随机的方法来确定每个结点的层数，这样就可以避免新增结点时，引起结点连锁更新问题。

此外，Sorted Set中还将元素保存在了哈希表中，作为哈希表的key，同时将value指向元素在跳表中的权重。使用了哈希表后，Sorted Set可以通过哈希计算直接查找到某个元素及其权重值，相较于通过跳表查找单个元素，使用哈希表就有效提升了查询效率。

总之，组合使用两种索引结构来对数据进行管理，比如Sorted Set中组合使用跳表和哈希表，这是一个很好的设计思路，希望你也能应用在日常的系统开发中。

每课一问

在使用跳表和哈希表相结合的双索引机制时，在获得高效范围查询和单点查询的同时，你能想到这种双索引机制有哪些不足之处吗？

精选留言：

- Kaito 2021-08-05 00:34:54
  1、ZSet 当数据比较少时，采用 ziplist 存储，每个 member/score 元素紧凑排列，节省内存

2、当数据超过阈值（zset-max-ziplist-entries、zset-max-ziplist-value）后，转为 hashtable + skiplist 存储，降低查询的时间复杂度

3、hashtable 存储 member->score 的关系，所以 ZSCORE 的时间复杂度为 O(1)

4、skiplist 是一个「有序链表 + 多层索引」的结构，把查询元素的复杂度降到了 O(logN)，服务于 ZRANGE/ZREVRANGE 这类命令

5、skiplist 的多层索引，采用「随机」的方式来构建，也就是说每次添加一个元素进来，要不要对这个元素建立「多层索引」？ 建立「几层索引」？ 都要通过「随机数」的方式来决定

6、每次随机一个 0-1 之间的数，如果这个数小于 0.25（25% 概率），那就给这个元素加一层指针，持续随机直到大于 0.25 结束，最终确定这个元素的层数（层数越高，概率越低，且限制最多 64 层，详见 t_zset.c 的 zslRandomLevel 函数）

7、这个预设「概率」决定了一个跳表的内存占用和查询复杂度：概率设置越低，层数越少，元素指针越少，内存占用也就越少，但查询复杂会变高，反之亦然。这也是 skiplist 的一大特点，可通过控制概率，进而控制内存和查询效率

8、skiplist 新插入一个节点，只需修改这一层前后节点的指针，不影响其它节点的层数，降低了操作复杂度（相比平衡二叉树的再平衡，skiplist 插入性能更优）

关于 Redis 的 ZSet 为什么用 skiplist 而不用平衡二叉树实现的问题，原因是：

- skiplist 更省内存：25% 概率的随机层数，可通过公式计算出 skiplist 平均每个节点的指针数是 1.33 个，平衡二叉树每个节点指针是 2 个（左右子树）
- skiplist 遍历更友好：skiplist 找到大于目标元素后，向后遍历链表即可，平衡树需要通过中序遍历方式来完成，实现也略复杂
- skiplist 更易实现和维护：扩展 skiplist 只需要改少量代码即可完成，平衡树维护起来较复杂

课后题：在使用跳表和哈希表相结合的双索引机制时，在获得高效范围查询和单点查询的同时，你能想到有哪些不足之处么？

这种发挥「多个数据结构」的优势，来完成某个功能的场景，最大的特点就是「空间换时间」，所以内存占用多是它的不足。

不过也没办法，想要高效率查询，就得牺牲内存，鱼和熊掌不可兼得。

不过 skiplist 在实现时，Redis 作者应该也考虑到这个问题了，就是上面提到的这个「随机概率」，Redis 后期维护可以通过调整这个概率，进而达到「控制」查询效率和内存平衡的结果。当然，这个预设值是固定写死的，不可配置，应该是 Redis 作者经过测试和权衡后的设定，我们这里只需要知晓原理就好。 [15赞]

- 陌 2021-08-05 09:56:20

skiplist + hashmap 实现的有序集合和常规的 double linked list + hashmap 所实现的 LRU 有些类似，都是使用链表结构进行核心的流程运转，hashmap 则是辅助链表使得能够在 O(1) 的时间复杂度内获取元素。这种组合式的数据结构还是很值得借鉴的。

leveldb 中也使用了 skiplist 来实现了 Memory Write Buffer，并且使用 CAS 操作实现了一个无锁的 skiplist，感兴趣的小伙伴也可以看看。实现上都差不多，都是使用 array + random 的方式存储和开辟新的层

节点。 [1赞]

- Milittle 2021-08-06 00:41:44
  补一条：如果用ziplist存储sorted set，那么zscore也是遍历查询的，这个可以从：void zaddCommand(client *c)一路看下去，这里说一点感想：大家如果不知道一个数据结构的创建，可以从redisCommandTable里面的命令函数一路看下去，可以找到不少东西。

- 曾轼麟 2021-08-06 00:15:07
  首先回答老师提出的问题，索引机制有哪些不足之处？首先我们知道（zset = dict + skiplist），那么可能会存在以下几个问题：
  1、首先zset空间利用肯定是一大不足之处，毕竟是空间换时间
  2、由于引入了dict，而dict底层是链式hash，当发生扩容的时候，对于整个zset其实是一种开销。
  3、当zset进行大范围“有序”删除的时候开销会很大，跳表本身范围删除可以很快，本质可以只修改指针。但是当跳表删除后，还需要同步删除dict里面的数据，这时就会导致大开销了。（此外删除的时候有可能也会触发缩容rehash）

  每次阅读老师的文章，都能有意外收获，本次阅读我得出以下的几个观点和结论：
  1、redis作为一款优化到极致的中间件，不会单纯使用一种数据类型去实现一个功能，而会根据当前的情况选择最合适的数据结构，比如zset就是dict + skiplist，甚至当元素较少的时候zsetAdd方法会优先选择ziplist而不直接使用skiplist，以到达节约内存的效果（当小key泛滥的时候很有效果），当一种数据结构存在不足的情况下，可以通过和其它数据结构搭配来弥补自身的不足（软件设计没有银弹，只有最合适）。
  2、redis仰仗c语言指针的特性，通过层高level数组实现的skiplist从内存和效率上来说都是非常优秀的，我对比了JDK的ConcurrentSkipListMap的实现（使用了大量引用和频繁的new操作），指针的优势无疑显现出来了
  3、很多时候让我们感到惊艳的功能设计，可能本质只是一个很简单的原理，比如skiplist的随机率层高。既保证每层的数量相对为下一层的一半，又保证了代码执行效率

  最后借着评论我提出一个我发现的疑问：
  我本次在阅读redis skiplist源码的时候，发现skiplist的最大层高上限，曾经在2020-02-02被 Murillo 大神修改过，从64修改成了32，但是我一直无法理解这一目的，在网上也没找到相应的答案，想问一下这个修改是出于什么样的目的呢？

- 胡玲玲 2021-08-05 15:51:07
  评论区都是神仙- -

- 冷峰 2021-08-05 09:31:19
  双索引要使用更多的内存，只是以内存换时间

- Milittle 2021-08-05 01:49:41
  1. 多浪费了存储空间。
  2. 增加了编码的难度。
  3. 有可能会导致一个数据结构的数据更新了，但是另外一个没有更新的问题（可能概率较小，但是也有可能）