

Redis源码粗浅解析(7.4.2)

jemalloc

内存分配机制用的jemalloc，具体机制之后如果看源码再做记录。redis用这个主要是为了减少内存碎片。glibc默认的ptmalloc已经做过记录。

redis底层数据类型

sds

- 结构定义：

```
typedef char *sds;

//SDS头结构
//sdshdr5没有用到
struct __attribute__((__packed__)) sdshdr5 {
    unsigned char flags;
    char buf[];
};

//size/小于 (1<<8)
struct __attribute__((__packed__)) sdshdr8 {
    uint8_t len;           //实际字符串长度
    uint8_t alloc;         //实际的buf内存大小
    unsigned char flags;   //SDS_TYPE_8
    char buf[];
};

//size/小于 (1<<16)
struct __attribute__((__packed__)) sdshdr16 {
    uint16_t len;
    uint16_t alloc;
    unsigned char flags;   //SDS_TYPE_16
    char buf[];
};

//size/小于 (1<<32)
struct __attribute__((__packed__)) sdshdr32 {
    uint32_t len;
    uint32_t alloc;
    unsigned char flags;   //SDS_TYPE_32
    char buf[];
};

struct __attribute__((__packed__)) sdshdr64 {
```

```
uint64_t len;
uint64_t alloc;
unsigned char flags;    //SDS_TYPE_64
char buf[];
};
```

- 扩容规则：
新的尺寸小于1M时，则扩容为原本尺寸的2倍。如果大于1M则扩容1M。

intset

- 结构定义：

```
typedef struct intset {
    uint32_t encoding; //字节数，表示contents多少个字节表示一个元素
    uint32_t length;    //长度
    int8_t contents[]; //
} intset;
```

- intsetAdd：

```
//新增元素
intset *intsetAdd(intset *is, int64_t value, uint8_t *success) {
    //判断value所归属的编码
    uint8_t valenc = _intsetValueEncoding(value);
    uint32_t pos;
    if (success) *success = 1;

    //判断是否超过现在所能保存的最大值
    if (valenc > intrev32ifbe(is->encoding)) {
        //升级编码个数并添加新元素
        return intsetUpgradeAndAdd(is,value);
    } else {
        //查找是否已经存在
        if (intsetSearch(is,value,&pos)) {
            if (success) *success = 0;
            return is;
        }
        //扩容
        is = intsetResize(is,intrev32ifbe(is->length)+1);
        //将原本从pos开始的元素往后挪
        if (pos < intrev32ifbe(is->length)) intsetMoveTail(is,pos,pos+1);
    }

    //在pos位置设置value
    _intsetSet(is,pos,value);
    is->length = intrev32ifbe(intrev32ifbe(is->length)+1);
    return is;
}
```

```
static intset *intsetUpgradeAndAdd(intset *is, int64_t value) {
    uint8_t curenc = intrev32ifbe(is->encoding);
    uint8_t newenc = _intsetValueEncoding(value);
    int length = intrev32ifbe(is->length);
    int prepend = value < 0 ? 1 : 0;

    is->encoding = intrev32ifbe(newenc);
    is = intsetResize(is,intrev32ifbe(is->length)+1);

    while(length--)
        _intsetSet(is,length+prepend,_intsetGetEncoded(is,length,curenc));

    if (prepend)
        _intsetSet(is,0,value);
    else
        _intsetSet(is,intrev32ifbe(is->length),value);
    is->length = intrev32ifbe(intrev32ifbe(is->length)+1);
    return is;
}
```

- intsetSearch:

```
//查找元素
static uint8_t intsetSearch(intset *is, int64_t value, uint32_t *pos) {
    int min = 0, max = intrev32ifbe(is->length)-1, mid = -1;
    int64_t cur = -1;

    //intset是否为空
    if (intrev32ifbe(is->length) == 0) {
        if (pos) *pos = 0;
        return 0;
    } else {
        //是否超过最大最小值
        if (value > _intsetGet(is,max)) {
            if (pos) *pos = intrev32ifbe(is->length);
            return 0;
        } else if (value < _intsetGet(is,0)) {
            if (pos) *pos = 0;
            return 0;
        }
    }

    //二分法查找
    while(max >= min) {
        mid = ((unsigned int)min + (unsigned int)max) >> 1;
        cur = _intsetGet(is,mid);
        if (value > cur) {
            min = mid+1;
        } else if (value < cur) {
            max = mid-1;
        } else {

```

```

        break;
    }
}

if (value == cur) {
    if (pos) *pos = mid;
    return 1;
} else {
    if (pos) *pos = min;
    return 0;
}
}

```

- intsetRemove:

```

//删除元素
intset *intsetRemove(intset *is, int64_t value, int *success) {
    uint8_t valenc = _intsetValueEncoding(value);
    uint32_t pos;
    if (success) *success = 0;

    //
    if (valenc <= intrev32ifbe(is->encoding) && intsetSearch(is,value,&pos)) {
        uint32_t len = intrev32ifbe(is->length);

        if (success) *success = 1;

        //从pos+1开始往前挪
        if (pos < (len-1)) intsetMoveTail(is,pos+1,pos);
        is = intsetResize(is,len-1);
        is->length = intrev32ifbe(len-1);
    }
    return is;
}

```

listpack

- lpNew:

```

unsigned char *lpNew(size_t capacity) {
    //LP_HDR_SIZE = 6
    //listpack头结构为6个字节
    unsigned char *lp = lp_malloc(capacity > LP_HDR_SIZE+1 ? capacity :
LP_HDR_SIZE+1);
    if (lp == NULL) return NULL;
    //前4个字节表示所占内存大小
    lpSetTotalBytes(lp,LP_HDR_SIZE+1);
    //第5、6个字节表示元素个数
    lpSetNumElements(lp,0);
}

```

```

//结束符
lp[LP_HDR_SIZE] = LP_EOF;
return lp;
}

```

- 增、删、查等代码比较简单就不做记录了，每个元素的数据结构是：编码+数据+长度（编码+数据的长度）。

quicklist

- quicklist相关结构体如下所示：

```

typedef struct quicklistNode {
    struct quicklistNode *prev;
    struct quicklistNode *next;
    unsigned char *entry;           //数据指针
    size_t sz;                     //该节点的大小
    unsigned int count : 16;        //该节点的元素个数
    unsigned int encoding : 2;      //该节点是否压缩
    unsigned int container : 2;     //该节点编码格式，原始数据或者listpack
    unsigned int recompress : 1;
    unsigned int attempted_compress : 1;
    unsigned int dont_compress : 1;
    unsigned int extra : 9;
} quicklistNode;

typedef struct quicklist {
    quicklistNode *head;           //头节点指针
    quicklistNode *tail;          //尾节点指针
    unsigned long count;           //元素总个数
    unsigned long len;            //列表的长度
    signed int fill : QL_FILL_BITS; //16位大小，每个quicklistNode的容量限制。
    unsigned int compress : QL_COMP_BITS; //16位大小，表示头尾各有多少个节点不压缩。
    unsigned int bookmark_count : QL_BM_BITS; //
    quicklistBookmark bookmarks[];
} quicklist;

```

- quicklist的fill字段限制每个节点的最大容量，默认值为-2，可以通过`list_max_listpack_size`配置参数设置。
当fill小于0时，该字段表示每个listpack节点的最大字节数。各个节点大小对应static const size_t optimization_level[] = {4096, 8192, 16384, 32768, 65536}。当fill大于等于0时，该字段表示每个listpack节点的元素个数，而且每个节点的最大字节数等于SIZE_SAFETY_LIMIT=8KB。
- quicklist的compress字段表示头尾各有多少个节点不压缩。可以通过`list_compress_depth`配置参数设置。默认值为0，表示所有节点都不压缩。
- quicklistPushTail:

```

int quicklistPushTail(quicklist *quicklist, void *value, size_t sz) {
    quicklistNode *orig_tail = quicklist->tail;
    //首先判断塞入的数据大小是否超过限制·超过则直接新建个原始数据的尾节点。
    if (unlikely(isLargeElement(sz, quicklist->fill))) {
        __quicklistInsertPlainNode(quicklist, quicklist->tail, value, sz, 1);
        return 1;
    }

    //判断尾节点是否超过容量限制。
    if (likely(
        __quicklistNodeAllowInsert(quicklist->tail, quicklist->fill, sz))) {
        //listpack节点加元素
        quicklist->tail->entry = lpAppend(quicklist->tail->entry, value, sz);
        quicklistNodeUpdateSz(quicklist->tail);
    } else {
        //新建个节点
        quicklistNode *node = quicklistCreateNode();
        node->entry = lpAppend(lpNew(0), value, sz);

        quicklistNodeUpdateSz(node);
        __quicklistInsertNodeAfter(quicklist, quicklist->tail, node);
    }
    //更新对应个数
    quicklist->count++;
    quicklist->tail->count++;
    return (orig_tail != quicklist->tail);
}

//fill是quicklist的fill字段
static int isLargeElement(size_t sz, int fill) {
    //packed_threshold默认值是0且没有配置参数控制
    if (unlikely(packed_threshold != 0)) return sz >= packed_threshold;
    //如果fill字段大于等于0则是固定值SIZE_SAFETY_LIMIT (8KB)
    if (fill >= 0)
        return !sizeMeetsSafetyLimit(sz);
    else
        //否则 ((-fill)-1) 对应static const size_t optimization_level[] = {4096, 8192,
        16384, 32768, 65536};
        //fill默认值为-2·即每个节点最大为8KB。
        //可以通过list_max_listpack_size配置参数设置。
        return sz > quicklistNodeNegFillLimit(fill);
}

```

dict

- dict相关结构体如下所示：

```

struct dict {
    //字典key的类型·提供不同的hash算法、key的比较函数等
    dictType *type;

```

```

//两个桶的元素，第二个桶用来做rehash
dictEntry **ht_table[2];
//两个桶的元素数量
unsigned long ht_used[2];
//分步rehash到的下标
long rehashidx;
//暂停rehash
unsigned pauserehash : 15;
unsigned useStoredKeyApi : 1;
//两个桶的大小
signed char ht_size_exp[2];
//关闭自动扩容
int16_t pauseAutoResize;
void *metadata[];
};

struct dictEntry {
    void *key;
    union {
        void *val;
        uint64_t u64;
        int64_t s64;
        double d;
    } v;
    struct dictEntry *next;
};

```

- updateDictResizePolicy:

```

//初始值为DICT_RESIZE_ENABLE
//如果是在父进程，但此时有子进程，值为DICT_RESIZE_AVOID
//如果是子进程，值为DICT_RESIZE_FORBID，子进程不允许扩容
void updateDictResizePolicy(void) {
    if (server.in_fork_child != CHILD_TYPE_NONE)
        dictSetResizeEnabled(DICT_RESIZE_FORBID);
    else if (hasActiveChildProcess())
        dictSetResizeEnabled(DICT_RESIZE_AVOID);
    else
        dictSetResizeEnabled(DICT_RESIZE_ENABLE);
}

```

- dictExpandIfNeeded，每次新增元素时检查是否需要扩容，如果不是空dict导致的扩容就会导致rehash。

```

int dictExpandIfNeeded(dict *d) {
    //已经在rehash，直接返回
    if (dictIsRehashing(d)) return DICT_OK;

    //此时还是个空的dict，直接扩容到初始大小，DICT_HT_INITIAL_SIZE=4
    if (DICTHT_SIZE(d->ht_size_exp[0]) == 0) {

```

```

        dictExpand(d, DICT_HT_INITIAL_SIZE);
        return DICT_OK;
    }

    //当DICT_RESIZE_ENABLE并且桶里的元素个数大于等于桶的大小
    //当DICT_RESIZE_AVOID并且桶里的元素个数大于等于4倍桶的大小
    (dict_force_resize_ratio=4)
    if ((dict_can_resize == DICT_RESIZE_ENABLE &&
        d->ht_used[0] >= DICTHT_SIZE(d->ht_size_exp[0])) ||
        (dict_can_resize != DICT_RESIZE_FORBID &&
        d->ht_used[0] >= dict_force_resize_ratio * DICTHT_SIZE(d-
>ht_size_exp[0])))
    {
        if (dictTypeResizeAllowed(d, d->ht_used[0] + 1))
            dictExpand(d, d->ht_used[0] + 1);
        return DICT_OK;
    }
    return DICT_ERR;
}

```

- dictShrinkIfNeeded · 每次删除元素时检查是否需要缩小

```

int dictShrinkIfNeeded(dict *d) {
    //正在rehash · 直接返回
    if (dictIsRehashing(d)) return DICT_OK;

    //本身已经够小 · 直接返回
    if (DICTHT_SIZE(d->ht_size_exp[0]) <= DICT_HT_INITIAL_SIZE) return DICT_OK;

    //HASHTABLE_MIN_FILL=8
    //当DICT_RESIZE_ENABLE并且桶里的元素个数*8还是小于等于桶的大小时
    //当DICT_RESIZE_AVOID并且桶里的元素个数*8*4还是小于等于桶的大小时
    if ((dict_can_resize == DICT_RESIZE_ENABLE &&
        d->ht_used[0] * HASHTABLE_MIN_FILL <= DICTHT_SIZE(d->ht_size_exp[0])) ||
        (dict_can_resize != DICT_RESIZE_FORBID &&
        d->ht_used[0] * HASHTABLE_MIN_FILL * dict_force_resize_ratio <=
DICTHT_SIZE(d->ht_size_exp[0])))
    {
        if (dictTypeResizeAllowed(d, d->ht_used[0]))
            dictShrink(d, d->ht_used[0]);
        return DICT_OK;
    }
    return DICT_ERR;
}

```

- rehash的推进规则：
 - 1、每次操作当前正在rehash的dict时，会推进一次rehash。
 - 2、在定时任务databasesCron中，会推进需要rehash的dict，每次最少100步。但每次推进rehash的时间不能超过1毫秒。伪代码如下所示：


```

...

//INCREMENTAL_REHASHING_THRESHOLD_US=1000微秒
if (server.activerehashing)
{
    uint64_t elapsed_us = 0;
    for (j = 0; j < dbs_per_call; j++) {
        redisDb *db = &server.db[rehash_db % server.dbnum];
        elapsed_us += kvstoreIncrementallyRehash(db->keys,
        INCREMENTAL_REHASHING_THRESHOLD_US - elapsed_us);
        if (elapsed_us >= INCREMENTAL_REHASHING_THRESHOLD_US)
            break;
        elapsed_us += kvstoreIncrementallyRehash(db->expires,
        INCREMENTAL_REHASHING_THRESHOLD_US - elapsed_us);
        if (elapsed_us >= INCREMENTAL_REHASHING_THRESHOLD_US)
            break;
        rehash_db++;
    }
}
...

```

- 相关参数：
 - `activerehashing`：默认开启，是否开启rehash。

zskiplist

- zskiplist相关结构体如下所示：

```

typedef struct zskiplistNode {
    sds ele;
    double score;
    struct zskiplistNode *backward;
    struct zskiplistLevel {
        struct zskiplistNode *forward;
        unsigned long span;
    } level[];
} zskiplistNode;

typedef struct zskiplist {
    //头节点和尾节点
    struct zskiplistNode *header, *tail;
    //元素个数
    unsigned long length;
    //
    int level;
} zskiplist;

```

redisObject

- redis所有底层数据类型最终都被统一成redisObject。

```
struct redisObject {
    unsigned type:4;           //ptr指向的数据类型，这个数据类型指的是提供给用户的，
    //比如String、List等。
    unsigned encoding:4;       //底层数据类型
    unsigned lru:LRU_BITS;     //
    int refcount;              //引用次数
    void *ptr;                 //指向实际上的数据
};
```

- type字段的值：


```
#define OBJ_STRING 0 /* String object. /
#define OBJ_LIST 1 / List object. /
#define OBJ_SET 2 / Set object. /
#define OBJ_ZSET 3 / Sorted set object. /
#define OBJ_HASH 4 / Hash object. */
```
- encoding字段的值：


```
#define OBJ_ENCODING_RAW 0 /* Raw representation /
#define OBJ_ENCODING_INT 1 / Encoded as integer /
#define OBJ_ENCODING_HT 2 / Encoded as hash table /
#define OBJ_ENCODING_ZIPMAP 3 / No longer used: old hash encoding. /
#define OBJ_ENCODING_LINKEDLIST 4 / No longer used: old list encoding. /
#define OBJ_ENCODING_ZIPLIST 5 / No longer used: old list/hash/zset encoding. /
#define OBJ_ENCODING_INTSET 6 / Encoded as intset /
#define OBJ_ENCODING_SKIPLIST 7 / Encoded as skiplist /
#define OBJ_ENCODING_EMBSTR 8 / Embedded sds string encoding /
#define OBJ_ENCODING_QUICKLIST 9 / Encoded as linked list of listpacks /
#define OBJ_ENCODING_STREAM 10 / Encoded as a radix tree of listpacks /
#define OBJ_ENCODING_LISTPACK 11 / Encoded as a listpack /
#define OBJ_ENCODING_LISTPACK_EX 12 / Encoded as listpack, extended with metadata */
```

redis数据类型

String

- String类型的对象type=OBJ_STRING，而encoding字段可能是OBJ_ENCODING_INT、OBJ_ENCODING_EMBSTR或者OBJ_ENCODING_RAW。
tryObjectEncodingEx源码如下所示：

```
robj *tryObjectEncodingEx(robj *o, int try_trim) {
    long value;
    sds s = o->ptr;
    size_t len;
```

```

serverAssertWithInfo(NULL,o,o->type == OBJ_STRING);

if (!sdsEncodedObject(o)) return o;

if (o->refcount > 1) return o;

len = sdslen(s);
//当长度小于等于20且可以转换成整型时
if (len <= 20 && string2l(s,len,&value)) {
    //OBJ_SHARED_INTEGERS=10000
    //redis启动时，会预先创建一组整数对象，并存储在shared.integers[]数组中。当
redis需要存储一个小整数时，如果该整数落在这个范围内，就会直接使用shared.integers[]中的对
象，而不是重新创建新的redisObject。
    if ((server.maxmemory == 0 ||
        !(server.maxmemory_policy & MAXMEMORY_FLAG_NO_SHARED_INTEGERS)) &&
        value >= 0 &&
        value < OBJ_SHARED_INTEGERS)
    {
        decrRefCount(o);
        return shared.integers[value];
    } else {
        //encoding=OBJ_ENCODING_INT
        if (o->encoding == OBJ_ENCODING_RAW) {
            sdsfree(o->ptr);
            o->encoding = OBJ_ENCODING_INT;
            o->ptr = (void*) value;
            return o;
        } else if (o->encoding == OBJ_ENCODING_EMBSTR) {
            decrRefCount(o);
            return createStringObjectFromLongLongForValue(value);
        }
    }
}

//OBJ_ENCODING_EMBSTR_SIZE_LIMIT=44
//当长度小于等于OBJ_ENCODING_EMBSTR_SIZE_LIMIT时，且encoding=OBJ_ENCODING_RAW,
//会重新创建一个redisObject, type=OBJ_STRING, encoding=OBJ_ENCODING_EMBSTR。
//OBJ_ENCODING_RAW和OBJ_ENCODING_EMBSTR的区别在于：OBJ_ENCODING_RAW的
redisObject和实际的数据也就是ptr指向的地址，内存不是连续的。
//而OBJ_ENCODING_EMBSTR的redisObject和实际的数据内存上是连续的。提高内存访问效率。
if (len <= OBJ_ENCODING_EMBSTR_SIZE_LIMIT) {
    robj *emb;

    if (o->encoding == OBJ_ENCODING_EMBSTR) return o;
    emb = createEmbeddedStringObject(s,sdslen(s));
    decrRefCount(o);
    return emb;
}

//如果都失败了，最后再尝试将SDS缩短从而节省内存。
if (try_trim)
    trimStringObjectIfNeeded(o, 0);

```

```
    return o;  
}
```

List

- List类型的对象type=OBJ_LIST，而encoding字段可能是OBJ_ENCODING_QUICKLIST或者OBJ_ENCODING_LISTPACK。
当新建一个List类型的对象时，encoding字段初始值是OBJ_ENCODING_LISTPACK。
- listTypeTryConvertListpack源码如下所示：

```
static void listTypeTryConvertListpack(robj *o, robj **argv, int start, int end,  
                                       beforeConvertCB fn, void *data)  
{  
    serverAssert(o->encoding == OBJ_ENCODING_LISTPACK);  
  
    size_t add_bytes = 0;  
    size_t add_length = 0;  
  
    if (argv) {  
        for (int i = start; i <= end; i++) {  
            if (!sdsEncodedObject(argv[i]))  
                continue;  
            add_bytes += sdslen(argv[i]->ptr);  
        }  
        add_length = end - start + 1;  
    }  
  
    //当新的数据长度或者数据个数超过list_max_listpack_size限制，则切换成quicklist  
    if (quicklistNodeExceedsLimit(server.list_max_listpack_size,  
                                  lpBytes(o->ptr) + add_bytes, lpLength(o->ptr) + add_length))  
    {  
        /* Invoke callback before conversion. */  
        if (fn) fn(data);  
  
        quicklist *ql = quicklistNew(server.list_max_listpack_size,  
server.list_compress_depth);  
  
        /* Append listpack to quicklist if it's not empty, otherwise release it.  
*/  
        if (lpLength(o->ptr))  
            quicklistAppendListpack(ql, o->ptr);  
        else  
            lpFree(o->ptr);  
        o->ptr = ql;  
        o->encoding = OBJ_ENCODING_QUICKLIST;  
    }  
}
```

list_max_listpack_size在上面有做记录。

- listTypeTryConvertQuicklist源码如下所示：

```
static void listTypeTryConvertQuicklist(robj *o, int shrinking, beforeConvertCB
fn, void *data) {
    serverAssert(o->encoding == OBJ_ENCODING_QUICKLIST);

    size_t sz_limit;
    unsigned int count_limit;
    quicklist *ql = o->ptr;

    //quicklist必须只有一个quicklistNode，并且quicklistNode的编码格式得是listpack
    if (ql->len != 1 || ql->head->container != QUICKLIST_NODE_CONTAINER_PACKED)
        return;

    //获取list_max_listpack_size配置。
    quicklistNodeLimit(server.list_max_listpack_size, &sz_limit, &count_limit);
    //当小于配置的一半限制时，切换到OBJ_ENCODING_LISTPACK
    if (shrinking) {
        sz_limit /= 2;
        count_limit /= 2;
    }
    if (ql->head->sz > sz_limit || ql->count > count_limit) return;

    /* Invoke callback before conversion. */
    if (fn) fn(data);

    /* Extract the listpack from the unique quicklist node,
     * then reset it and release the quicklist. */
    o->ptr = ql->head->entry;
    ql->head->entry = NULL;
    quicklistRelease(ql);
    o->encoding = OBJ_ENCODING_LISTPACK;
}
```

当删除List中的元素时，会调用listTypeTryConvertQuicklist。

Set

- Set类型的对象type=OBJ_SET，而encoding字段可能是OBJ_ENCODING_INTSET、OBJ_ENCODING_LISTPACK或者OBJ_ENCODING_HT
- setTypeCreate源码如下所示：

```
robj *setTypeCreate(sds value, size_t size_hint) {
    //当都是整型且数量小于等于set_max_intset_entries，Set底层数据结构使用intset
    if (isSdsRepresentableAsLongLong(value, NULL) == C_OK && size_hint <=
server.set_max_intset_entries)
        return createIntsetObject();
    //当数量小于等于set_max_listpack_entries，Set底层数据结构使用listpack
    if (size_hint <= server.set_max_listpack_entries)
```

```

        return createSetListpackObject();

    /* We may oversize the set by using the hint if the hint is not accurate,
     * but we will assume this is acceptable to maximize performance. */
    //dict托底
    robj *o = createSetObject();
    dictExpand(o->ptr, size_hint);
    return o;
}

```

- 增加元素时，会调用setTypeMaybeConvert来判断是否需要修改数据类型。setTypeMaybeConvert源码如下所示：

```

void setTypeMaybeConvert(robj *set, size_t size_hint) {
    if ((set->encoding == OBJ_ENCODING_LISTPACK && size_hint >
server.set_max_listpack_entries)
        || (set->encoding == OBJ_ENCODING_INTSET && size_hint >
server.set_max_intset_entries))
    {
        setTypeConvertAndExpand(set, OBJ_ENCODING_HT, size_hint, 1);
    }
}

```

Sorted Set

- Sorted Set类型的对象type=OBJ_ZSET，而encoding字段可能是OBJ_ENCODING_LISTPACK或者OBJ_ENCODING_SKIPLIST。

Hash

- Hash类型的对象type=OBJ_HASH，而encoding字段可能是OBJ_ENCODING_HT或者OBJ_ENCODING_LISTPACK。
当新创建一个Hash类型的对象时，encoding字段初始值是OBJ_ENCODING_LISTPACK。
- hashTypeTryConversion源码如下所示：

```

void hashTypeTryConversion(redisDb *db, robj *o, robj **argv, int start, int end)
{
    int i;
    size_t sum = 0;

    if (o->encoding != OBJ_ENCODING_LISTPACK && o->encoding !=
OBJ_ENCODING_LISTPACK_EX)
        return;

    //key+value key+value的形式，所以除2就是新增的field数量。
    size_t new_fields = (end - start + 1) / 2;
}

```

```

//filed数量大于hash_max_listpack_entries，则切换成dict
if (new_fields > server.hash_max_listpack_entries) {
    hashTypeConvert(o, OBJ_ENCODING_HT, &db->hexpires);
    dictExpand(o->ptr, new_fields);
    return;
}

//判断所有key和value的长度
for (i = start; i <= end; i++) {
    if (!sdsEncodedObject(argv[i]))
        continue;
    size_t len = sdslen(argv[i]->ptr);
    //大于hash_max_listpack_value，则切换成dict
    if (len > server.hash_max_listpack_value) {
        hashTypeConvert(o, OBJ_ENCODING_HT, &db->hexpires);
        return;
    }
    sum += len;
}

//判断长度是否会超过LISTPACK_MAX_SAFETY_SIZE=1GB
if (!lpSafeToAdd(hashTypeListpackGetLp(o), sum))
    hashTypeConvert(o, OBJ_ENCODING_HT, &db->hexpires);
}

```

全量同步和增量同步

- 1、从节点 (replica) 在与主节点 (master) 建立复制连接时，会发送**SYNC**命令，如果有之前的master的信息则会把之前master的**replication id**和**replication offset**带上。
- 2、主节点收到**PSYNC**命令后，比较**replication id**和**offset**，如果满足条件则进行增量同步，否则就需要全量同步。
- 3、如果是增量同步，主节点将**repl_backlog**中需要同步给从节点的数据保存在**client**的相关字段。然后在事件循环中，真正的将对应数据发送给从节点。
- 4、如果是全量同步：
 - 首先检查是否已经有一个**CHILD_TYPE_RDB**子进程正在给其他从节点进行全量同步。
 - 如果当前**rdp_child_type == RDB_CHILD_TYPE_SOCKET**，这个从节点的全量同步不会有其他操作，结束后父进程将RDB数据发给所有满足条件的需要全量同步的从节点。
 - 如果当前**rdp_child_type == RDB_CHILD_TYPE_DISK**，这个从节点的全量同步不会有其他操作，主节点在事件循环中会去检查子进程是否已经结束，子进程结束后将RDB数据发送给发给所有满足条件的需要全量同步的从节点。
 - 如果当前没有相关子进程
 - 如果**repl_diskless_sync**和**repl_diskless_sync_delay**都设置，那么本次全量同步不会立即处理，而是等待**repl_diskless_sync_delay**，单位是秒。
 - 如果开启**repl_diskless_sync**，首先遍历所有从节点信息，找到需要全量同步的从节点，然后开启一个**CHILD_TYPE_RDB**子进程，子进程生成RDB数据，通过**pipe**发给父进程，结束后父进程将RDB数据发给所有需要全量同步的从节点。（**rdpSaveToSlavesSockets**函数）

- 如果没开启`repl_diskless_sync`，开启一个`CHILD_TYPE_RDB`子进程，子进程生成RDB数据，并保存在磁盘。父进程在`serverCron`中调用`checkChildrenDone`，`checkChildrenDone`的作用是检查子进程是否完成，完成则将RDB文件发给所有需要全量同步的从节点。
- 主节点在循环中，如果此时有需要全量同步的，主节点又会开始上面所述的全量同步步骤。5、从节点收到数据包后，在`slaveTryPartialResynchronization`中判断主节点发过来的是全量同步还是增量同步。如果是全量同步不在这里面处理。6、如果是增量同步

常用相关参数：

- `repl-diskless-sync`：主节点全量同步的RDB数据是否保存到磁盘。
- `repl-diskless-sync-delay`：主节点全量同步延迟，等待更多的全量同步需求。
- `repl-diskless-sync-max-replicas`：主节点最大同时需要全量同步的从节点数量。
- `repl-backlog-size`：
- `rdb-del-sync-files`：从节点：当没有开启RDB和AOF持久化并且这个配置开启时，会删除全量同步时生成在磁盘的RDB文件。主节点：本次全量同步结束后，没有开启RDB和AOF持久化并且这个配置开启，并且此时没有需要全量同步的从节点时删除全量同步生成的RDB磁盘文件。
- `repl-diskless-load`：从节点收到主节点的全量同步包时，是否保存到磁盘。`disabled`（保存到磁盘）、`swapdb`（不保存到磁盘）、`on-empty-db`（本地是空数据库时不保存到磁盘）

持久化

- 1、AOF
 - 常用相关参数：
 - `appendonly`：是否开启AOF
 - `appendfilename`：AOF文件名前缀
 - `appenddirname`：AOF文件保存目录
 - `appendfsync`：是否主动刷新到磁盘，`always`（每次变动都主动刷新）、`everysec`（每秒刷新到磁盘）、`no`（不主动刷新）
 - `no-appendfsync-on-rewrite`：当在重写时，AOF变动不刷新
 - `auto-aof-rewrite-percentage`：AOF触发重写相关，默认100%，较上次重写时大小变动百分比
 - `auto-aof-rewrite-min-size`：AOF触发重写的最小限制，默认64M，超过这个大小才有可能触发重写
 - `aof-load-truncated`：默认开启，如果Redis检测到AOF文件被截断或损坏，会尝试加载可用部分，并在日志中记录警告，但仍然正常启动。如果设置为`no`：如果AOF文件损坏，Redis直接拒绝启动，以避免数据不完整导致的异常。
 - `aof-use-rdb-preamble`：重写AOF时，是否使用RDB格式保存
 - `aof-timestamp-enabled`：记录AOF文件变动的时间
 - 当开启AOF持久化时，在对应的目录下会有一个`appenddirname`的目录，里面最少会有三个文件，分别是`*.manifest`、`*.incr.aof`、(`*.base.rdb`或者`*.base.aof`)。(`*.base.rdb`或者`*.base.aof`)这个由上面所说的`aof-use-rdb-preamble`参数控制。
(`*.base.rdb`或者`*.base.aof`)触发AOF重写时记录数据到这些文件中。
`*.incr.aof`文件记录用户增删改语句。
`*.manifest`文件里记录该文件夹下其他文件的作用。是重写数据还是操作语句列表。

- 2、RDB

- 常用相关参数

- `save 时间 次数`：RDB保存触发时机
- `stop-writes-on-bgsave-error`：当后台保存（BGSAVE）失败时，Redis是否继续允许写操作
- `rdbcompression`：当数据长度大于20时，是否压缩数据，默认开启
- `rdbchecksum`：检验RDB文件，默认开启
- `dbfilename`：RDB文件名

- redis的rdb触发配置保存在redisServer的saveparams，存在默认参数，当redis.conf里没有配置save时，redis默认1分钟内10000修改或者5分钟内100次修改或者1小时内1次修改也会保存数据到磁盘（代码截图如下所示）。如果要关闭需要在配置文件中配置`save ""`，这样会清空saveparams。

```
//清空保存配置
resetServerSaveParams();

//默认配置
appendServerSaveParams(60*60,1); /* save after 1 hour and 1 change */
appendServerSaveParams(300,100); /* save after 5 minutes and 100 changes */
appendServerSaveParams(60,10000); /* save after 1 minute and 10000 changes */
```

- 在redis.conf里配置了`save ""`，也并不能避免任何时刻都能阻止生成RDB文件。`save ""`只是关闭了redis运行中自动触发的RDB持久化机制。当用SIGINT或者SIGTERM信号或者远端用`shutdown save`命令来关闭redis服务，redis进程退出时也会保存RDB数据到磁盘。redis.conf里有两个默认关闭的配置`shutdown-on-sigint default`和`shutdown-on-sigterm default`，表示用SIGINT或者SIGTERM信号来关闭redis服务时是否保存RDB文件。
- 需要注意的是，如果一开始只开启了RDB，运行Redis一段时间后关闭，然后手动修改redis.conf配置开启AOF，启动Redis此时不会有数据。Redis启动加载数据伪代码如下所示：

```
void loadDataFromDisk(void)
{
    long long start = ustime();
    //开启AOF持久化
    if (server.aof_state == AOF_ON) {
        int ret = loadAppendOnlyFiles(server.aof_manifest);
        if (ret == AOF_FAILED || ret == AOF_OPEN_ERR)
            exit(1);
        if (ret != AOF_NOT_EXIST)
            serverLog(LL_NOTICE, "DB loaded from append only file: %.3f
seconds", (float)(ustime()-start)/1000000);
    }
    else
        //加载RDB数据
    {
        ...
    }
}
```

淘汰策略

- 相关参数：

- **maxmemory**：默认值为0，也就是默认关闭，不会主动淘汰
- **maxmemory-policy**：如下图所示：

# volatile-lru -> Evict using approximated LRU, only keys with an expire set.	使用 LRU (最近最少使用) 策略淘汰设置了过期时间 (TTL) 的键
# allkeys-lru -> Evict any key using approximated LRU.	使用 LRU (最近最少使用) 策略淘汰所有键
# volatile-lfu -> Evict using approximated LFU, only keys with an expire set.	使用 LFU (淘汰访问次数最少) 策略淘汰设置了过期时间 (TTL) 的键
# allkeys-lfu -> Evict any key using approximated LFU.	使用 LFU (淘汰访问次数最少) 策略淘汰所有键
# volatile-random -> Remove a random key having an expire set.	随机删除设置了过期时间 (TTL) 的键
# allkeys-random -> Remove a random key, any key.	随机删除所有键
# volatile-ttl -> Remove the key with the nearest expire time (minor TTL)	删除最接近到期的键
# noeviction -> Don't evict anything, just return an error on write operations.	不删除，只是不能写入

- **maxmemory-samples**：随机采样数量，默认值为5，最大不能超过64
- **maxmemory-eviction-tenacity**：淘汰数据的强度，其实就是根据这个值算一个时间用作淘汰数据的用时限。源码如下所示：

```
static unsigned long evictionTimeLimitUs(void) {
    serverAssert(server.maxmemory_eviction_tenacity >= 0);
    serverAssert(server.maxmemory_eviction_tenacity <= 100);

    if (server.maxmemory_eviction_tenacity <= 10) {
        /* A linear progression from 0..500us */
        return 500UL * server.maxmemory_eviction_tenacity;
    }

    if (server.maxmemory_eviction_tenacity < 100) {
        /* A 15% geometric progression, resulting in a limit of ~2 min at
        tenacity==99 */
        return (unsigned long)(500.0 * pow(1.15,
server.maxmemory_eviction_tenacity - 10.0));
    }

    return ULONG_MAX; /* No limit to eviction time */
}
```

- **replica-ignore-maxmemory**：从节点数据不做淘汰

集群模式

- 故障转移具体步骤：

- 1、假设redis集群有三个主节点A、B、C，并且各自有三个从节点A1、A2、A3、B1、B2、B3、C1、C2、C3。
- 2、当A节点宕机时，B和C在定时任务clusterCron中，判断超时则会将各自本地记录的A节点状态设置为PFAIL（代码1）。
- 3、然后同样在定时任务clusterCron中，两个主节点可能会给对方发送PING消息（代码2）。
- 4、假设是B给C发，当C收到消息后发现B节点所记录的A节点也变成了PFAIL，那么此时C节点中所记录认为A节点主观下线的主节点个数已经满足故障转移的条件（ $2 \geq (3 / 2) + 1$ ），C节点会广播一条CLUSTERMSG_TYPE_FAIL类型的消息给所有节点（代码3）。

- 5、当A的从节点在`clusterCron`中，发现自己的主节点发生故障，则广播一条`CLUSTERMSG_TYPE_FAILOVER_AUTH_REQUEST`类型的消息给所有节点（代码4）。
 - 6、其他主节点收到`CLUSTERMSG_TYPE_FAILOVER_AUTH_REQUEST`消息后，对其进行投票，如果投给某个从节点，就给该从节点发送`CLUSTERMSG_TYPE_FAILOVER_AUTH_ACK`类型的消息（代码5）。
 - 7、A的从节点收到`CLUSTERMSG_TYPE_FAILOVER_AUTH_ACK`类型的消息后，增加自己集群对象`failover_auth_count`字段的值（代码6）。
 - 8、当A的从节点在`clusterCron`中，如果投给本节点达到一定数量后，该节点切换成主节点（代码7）。
- 相关参数：`cluster-node-timeout`