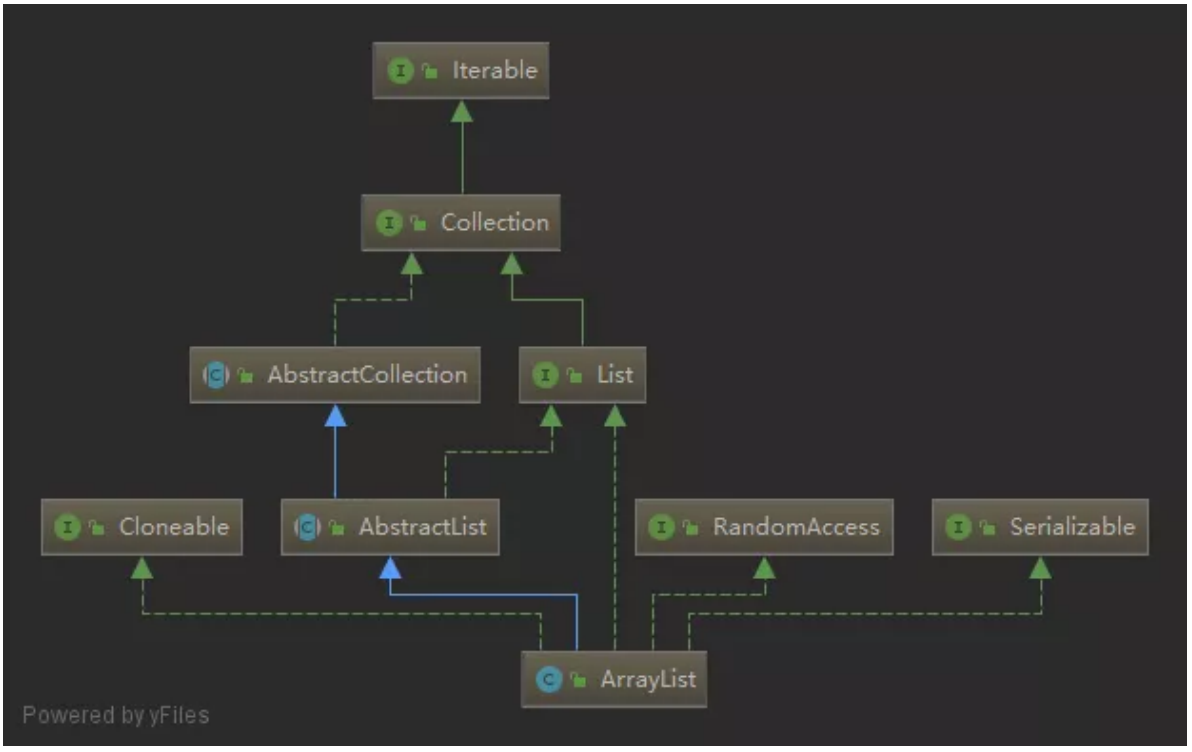
死磕 Java集合之ArrayList源码分析

简介

ArrayList是一种以数组实现的List，与数组相比，它具有动态扩展的能力，因此也可称之为动态数组。

ArrayList出现目的： ArrayList的出现就是为了替代Array成为动态的数组

继承体系



ArrayList实现了List, RandomAccess, Cloneable, java.io.Serializable等接口。

ArrayList实现了List，提供了基础的添加、删除、遍历等操作。

ArrayList实现了RandomAccess，提供了随机访问的能力。

ArrayList实现了Cloneable，可以被克隆。

ArrayList实现了Serializable，可以被序列化。

源码解析

属性

```
/**
 * 默认容量 final
 */
private static final int DEFAULT_CAPACITY = 10;

/**
 * 空数组，如果传入的容量为0时使用*/ List list=new ArrayList(0);
private static final Object[] EMPTY_ELEMENTDATA = {};

/**
 * 空数组，传传入容量时使用，添加第一个元素的时候会重新初始为默认容量大小
   */List list=new ArrayList();
private static final Object[] DEFAULTCAPACITY_EMPTY_ELEMENTDATA = {};

/**
 * 存储元素的数组:真正存储数据的地方Object类型数组
   */
transient Object[] elementData; // non-private to simplify nested class access

/**
 * 集合中元素的个数
 */
private int size;
```

（1）DEFAULT_CAPACITY

默认容量为10，也就是通过new ArrayList()创建时的默认容量。

（2）EMPTY_ELEMENTDATA

空的数组，这种是通过new ArrayList(0)创建时用的是这个空数组。

（3）DEFAULTCAPACITY_EMPTY_ELEMENTDATA

也是空数组，这种是通过new ArrayList()创建时用的是这个空数组，与EMPTY_ELEMENTDATA的区别是在添加第一个元素时使用这个空数组的会初始化为DEFAULT_CAPACITY（10）个元素。

（4）elementData

真正存放元素的地方，使用transient是为了不序列化这个字段。

至于没有使用private修饰，后面注释是写的“为了简化嵌套类的访问”，但是楼主实测加了private嵌套类一样可以访问。

private表示是类私有的属性，只要是在这个类内部都可以访问，嵌套类或者内部类也是在类的内部，所以也可以访问类的私有成员。

（5）size

真正存储元素的个数，而不是elementData数组的长度。

ArrayList(int initialCapacity)构造方法

传入初始容量，如果大于0就初始化elementData为对应大小，如果等于0就使用EMPTY_ELEMENTDATA空数组，如果小于0抛出异常。

```
public ArrayList(int initialCapacity) {
    if (initialCapacity > 0) {
        // 如果传入的初始容量大于0，就新建一个数组存储元素
        this.elementData = new Object[initialCapacity];
    } else if (initialCapacity == 0) {
        // 如果传入的初始容量等于0，使用空数组EMPTY_ELEMENTDATA
        this.elementData = EMPTY_ELEMENTDATA;
    } else {
        // 如果传入的初始容量小于0，抛出异常
        throw new IllegalArgumentException("Illegal Capacity: " + initialCapacity);
    }
}
```

ArrayList()构造方法

不传初始容量，初始化为DEFAULTCAPACITY_EMPTY_ELEMENTDATA空数组，会在添加第一个元素的时候扩容为默认的大小，即10。可以理解为是一种懒加载初始化，创建ArrayList时候并没有立刻为内部的Object[]数组分配内存，而是等到add添加元素的时候扩容到默认大小10。jdk7版本是是初始化时候，也分配Object[]数组内存，缺点：浪费内存。

```
public ArrayList() {
    // 如果没有传入初始容量，则使用空数组DEFAULTCAPACITY_EMPTY_ELEMENTDATA
    // 使用这个数组是在添加第一个元素的时候会扩容到默认大小10
    this.elementData = DEFAULTCAPACITY_EMPTY_ELEMENTDATA;
}
```

场景：安卓客户端创建了ArrayList后发起http请求后台数据后封装到ArrayList中，jdk8版本只有等到后代数据到达客户端才分配Object[]数组内存，节约了内存。jdk7版本创建ArrayList同时也分配Object[]数组内存，即使网络数据还未到达。

ArrayList(Collection c)构造方法

传入集合并初始化elementData，这里会使用拷贝把传入集合的元素拷贝到elementData数组中，如果元素个数为0，则初始化为EMPTY_ELEMENTDATA空数组。

```
/**
* 把传入集合的元素初始化到ArrayList中
*/
public ArrayList(Collection<? extends E> c) {
    // 集合转数组
    elementData = c.toArray();
    if ((size = elementData.length) != 0) {
        // 检查c.toArray()返回的是不是Object[]类型，如果不是，重新拷贝成Object[].class类型
        if (elementData.getClass() != Object[].class)
            elementData = Arrays.copyOf(elementData, size, Object[].class);
```

```
    } else {
        // 如果c的空集合，则初始化为空数组EMPTY_ELEMENTDATA
        this.elementData = EMPTY_ELEMENTDATA;
    }
}
```

为什么 `c.toArray();` 返回的有可能不是Object[]类型呢？请看下面的代码：

```
public class ArrayTest {
    public static void main(String[] args) {
        Father[] fathers = new Son[]{};
        // 打印结果为class [Lcom.coolcoding.code.Son;
        System.out.println(fathers.getClass());

        List<String> strList = new MyList();
        // 打印结果为class [Ljava.lang.String;
        System.out.println(strList.toArray().getClass());
    }
}

class Father {}

class Son extends Father {}

class MyList extends ArrayList<String> {
    /**
     * 子类重写父类的方法，返回值可以不一样
     * 但这里只能用数组类型，换成Object就不行
     * 应该算是java本身的bug
     */
    @Override
    public String[] toArray() {
        // 为了方便举例直接写死
        return new String[]{"1", "2", "3"};
    }
}
```

add(E e)方法

添加元素到末尾，平均时间复杂度为O(1)。

```
public boolean add(E e) {
    // 1、检查是否需要扩容，保证数组容量足够
   ensureCapacityInternal(size + 1);
   //  2、把元素插入到最后一位
   elementData[size++] = e;
   return true;
}

private void ensureCapacityInternal(int minCapacity) {
    ensureExplicitCapacity(calculateCapacity(elementData, minCapacity));
}

private static int calculateCapacity(Object[] elementData, int minCapacity) {
    // 如果是空数组DEFAULTCAPACITY_EMPTY_ELEMENTDATA，就初始化为默认大小10
    if (elementData == DEFAULTCAPACITY_EMPTY_ELEMENTDATA) {
```

扩容时机：如果当前Object[]数组长度是10，实际容量是10，下一次add操作所需最小容量是11，此时需要扩容扩容。即Object[]装满后，下一次调用add方法导致扩容

```
        return Math.max(DEFAULT_CAPACITY, minCapacity);
    }
    return minCapacity;
}

private void ensureExplicitCapacity(int minCapacity) {
    modCount++;需要更改ArrayList内部数组结构，因此modCount加一。以供迭代器参考ArrayList是否发生变化

    if (minCapacity - elementData.length > 0)扩容时间：所需要的最小容量min大于Object数组长度，必须扩容
        // 扩容
        grow(minCapacity);
}

private void grow(int minCapacity) {增加容量以确保其至少可以容纳最小容量参数指定的元素数量
    int oldCapacity = elementData.length;
    // 新容量为旧容量的1.5倍
    int newCapacity = oldCapacity + (oldCapacity >> 1);  //
   如果新容量发现比需要的容量还小，则以需要的容量为准
    if (newCapacity - minCapacity < 0)
        newCapacity = minCapacity;
    // 如果新容量已经超过最大容量了，则使用最大容量
    if (newCapacity - MAX_ARRAY_SIZE > 0)
        newCapacity = hugeCapacity(minCapacity);
    // 以新容量拷贝出来一个新数组
    elementData = Arrays.copyOf(elementData, newCapacity);
}
```

扩容时机：如果当前Object[]数组长度是10，实际容量是10，下一次add操作所需最小容量是11，此时需要扩容扩容。即Object[]装满后，下一次调用add方法导致扩容

如何扩容？
1、数组容量扩容为旧容量的1.5倍
2、使用Arrays.copyof拷贝旧数组到新数组，底层仍然是使用 System.arraycopy调用c++的内存拷贝技术

(1)add方法检查是否需要扩容；

(2)如果elementData等于DEFAULTCAPACITY_EMPTY_ELEMENTDATA则初始化容量大小为DEFAULT_CAPACITY；

(3)新容量是老容量的1.5倍（oldCapacity + (oldCapacity >> 1)），如果加了这么多容量发现比需要的容量还小，则以需要的容量为准；

(4)创建新容量的数组并把老数组拷贝到新数组；

add(int index, E element)方法

添加元素到指定位置，平均时间复杂度为O(n)。

```
public void add(int index, E element) {
    // 检查是否越界
    rangeCheckForAdd(index);
    // 检查是否需要扩容
    ensureCapacityInternal(size + 1);
    // 将inex及其之后的元素往后挪一位，则index位置处就空出来了，因此ArrayList的中间插入效率是很低的，因为涉及到大量移动复制操作。
    System.arraycopy(elementData, index, elementData, index + 1,size - index);
    // 将元素插入到index的位置
    elementData[index] = element;
    // 大小增1
    size++;
}
```

```
private void rangeCheckForAdd(int index) {
    if (index > size || index < 0)
        throw new IndexOutOfBoundsException(outOfBoundsMsg(index));
}
```

(1)检查索引是否越界；

(2)检查是否需要扩容；

(3)把插入索引位置后的元素都往后挪一位；数组中间插入效率极低O(N)

(4)在插入索引位置放置插入的元素；

(5)大小加1；

addAll(Collection c)方法

求两个集合的并集。

```
/**
* 将集合c中所有元素添加到当前ArrayList中
*/
public boolean addAll(Collection<? extends E> c) {
    // 将集合c转为数组
    Object[] a = c.toArray();
    int numNew = a.length;
    // 检查是否需要扩容
    ensureCapacityInternal(size + numNew);
    // 将c中元素全部拷贝到数组的最后
    System.arraycopy(a, 0, elementData, size, numNew); 底层调用c++的数组拷贝技术
   // 大小增加c的大小
    size += numNew;
    // 如果c不为空就返回true，否则返回false
    return numNew != 0;
}
```

（1）拷贝c中的元素到数组a中；

（2）检查是否需要扩容；

（3）把数组a中的元素拷贝到elementData的尾部；

get(int index)方法

获取指定索引位置的元素，时间复杂度为O(1)。

```
public E get(int index) {
    // 检查是否越界
    rangeCheck(index);
    // 返回数组index位置的元素
    return elementData(index);
}

private void rangeCheck(int index) {
```

```
    if (index >= size)
        throw new IndexOutOfBoundsException(outOfBoundsMsg(index));
}

E elementData(int index) {
    return (E) elementData[index];
}
```

（1）检查索引是否越界，这里只检查是否越上界，如果越上界抛出IndexOutOfBoundsException异常，如果越下界抛出的是ArrayIndexOutOfBoundsException异常。

（2）返回索引位置处的元素；

remove(int index)方法

删除指定索引位置的元素，时间复杂度为O(n)。

```
public E remove(int index) {
    // 检查是否越界
    rangeCheck(index);

    modCount++;//修改了数组结构，并发修改数加1，提供迭代器迭代参考
    // 获取index位置的元素
    E oldValue = elementData(index);

    // 如果index不是最后一位，则将index之后的元素往前挪一位
    int numMoved = size - index - 1;
    if (numMoved > 0)仍然是对数组元素删除，使用c++的数组拷贝技术，效率极低O(n)
      System.arraycopy(elementData, index+1, elementData, index, numMoved);

    // 将最后一个元素删除，帮助GC
    elementData[--size] = null; // clear to let GC do its work

    // 返回旧值
    return oldValue;
}
```

（1）检查索引是否越界；

（2）获取指定索引位置的元素；

（3）如果删除的不是最后一位，则其它元素往前移一位；

（4）将最后一位置为null，方便GC回收；

（5）返回删除的元素。

可以看到，ArrayList删除元素的时候并没有缩容。

remove(Object o)方法

删除指定元素值的元素，时间复杂度为O(n)。集合的删除对象方法是比较对象的equals方法，相同则删除

```
public boolean remove(Object o) {
    if (o == null) {
```

```
        // 遍历整个数组，找到元素第一次出现的位置，并将其快速删除
        for (int index = 0; index < size; index++)
            // 如果要删除的元素为null，则以null进行比较，使用==
            if (elementData[index] == null) {
                fastRemove(index);
                return true;
            }
    } else {
        // 遍历整个数组，找到元素第一次出现的位置，并将其快速删除
        for (int index = 0; index < size; index++)
            // 如果要删除的元素不为null，则进行比较，使用equals()方法
            if (o.equals(elementData[index])) {
                fastRemove(index);
                return true;
            }
    }
    return false;
}

private void fastRemove(int index) {
    // 少了一个越界的检查
    modCount++;
    // 如果index不是最后一位，则将index之后的元素往前挪一位
    int numMoved = size - index - 1;
    if (numMoved > 0)
        System.arraycopy(elementData, index+1, elementData, index, numMoved);
    // 将最后一个元素删除，帮助GC
    elementData[--size] = null; // clear to let GC do its work
}
```

（1）找到第一个等于指定元素值的元素；

（2）快速删除；

fastRemove(int index)相对于remove(int index)少了检查索引越界的操作，可见jdk将性能优化到极致。

retainAll(Collection c)方法

求两个集合的交集。

```
public boolean retainAll(Collection<?> c) {
    // 集合c不能为null
    Objects.requireNonNull(c);
    // 调用批量删除方法，这时complement传入true，表示删除不包含在c中的元素
    return batchRemove(c, true);
}

/**
* 批量删除元素
* complement为true表示删除c中不包含的元素
* complement为false表示删除c中包含的元素
*/
private boolean batchRemove(Collection<?> c, boolean complement) {
    final Object[] elementData = this.elementData;
    // 使用读写两个指针同时遍历数组
```

```
    // 读指针每次自增1，写指针放入元素的时候才加1
    // 这样不需要额外的空间，只需要在原有的数组上操作就可以了
    int r = 0, w = 0;
    boolean modified = false;
    try {
        // 遍历整个数组，如果c中包含该元素，则把该元素放到写指针的位置（以complement为准）
        for (; r < size; r++)
            if (c.contains(elementData[r]) == complement)
                elementData[w++] = elementData[r];
    } finally {
        // 正常来说r最后是等于size的，除非c.contains()抛出了异常
        if (r != size) {
            // 如果c.contains()抛出了异常，则把未读的元素都拷贝到写指针之后
            System.arraycopy(elementData, r,
                elementData, w, size - r);
            w += size - r;
        }
        if (w != size) {
            // 将写指针之后的元素置为空，帮助GC
            for (int i = w; i < size; i++)
                elementData[i] = null;
            modCount += size - w;
            // 新大小等于写指针的位置（因为每写一次写指针就加1，所以新大小正好等于写指针的位置）
            size = w;
            modified = true;
        }
    }
    // 有修改返回true
    return modified;
}
```

（1）遍历elementData数组；

（2）如果元素在c中，则把这个元素添加到elementData数组的w位置并将w位置往后移一位；

（3）遍历完之后，w之前的元素都是两者共有的，w之后（包含）的元素不是两者共有的；

（4）将w之后（包含）的元素置为null，方便GC回收；

removeAll(Collection c)

求两个集合的单方向差集，只保留当前集合中不在c中的元素，不保留在c中不在当前集体中的元素。

```
public boolean removeAll(Collection<?> c) {
    // 集合c不能为空
    Objects.requireNonNull(c);
    // 同样调用批量删除方法，这时complement传入false，表示删除包含在c中的元素
    return batchRemove(c, false);
}
```

与retainAll(Collection c)方法类似，只是这里保留的是不在c中的元素。

总结

（1）ArrayList内部使用数组存储元素，当数组长度不够时进行扩容，每次加一半的空间，ArrayList不会进行缩容；

（2）ArrayList支持随机访问，通过索引访问元素极快，时间复杂度为O(1)；

（3）ArrayList添加元素到尾部极快，平均时间复杂度为O(1)；

（4）ArrayList添加元素到中间比较慢，因为要搬移元素，平均时间复杂度为O(n)；

（5）ArrayList从尾部删除元素极快，时间复杂度为O(1)；ArrayList中间元素的插入、删除效率极低，调用c++的数组整体拷贝移动技术，复杂度O（n）

（6）ArrayList从中间删除元素比较慢，因为要搬移元素，平均时间复杂度为O(n)；

（7）ArrayList支持求并集，调用addAll(Collection c)方法即可；

（8）ArrayList支持求交集，调用retainAll(Collection c)方法即可；

（7）ArrayList支持求单向差集，调用removeAll(Collection c)方法即可；

ArrayList的序列化规则

elementData设置成了transient，那ArrayList是怎么把元素序列化的呢？

```
private void writeObject(java.io.ObjectOutputStream s)
        throws java.io.IOException{
    // 防止序列化期间有修改
    int expectedModCount = modCount;
    // 写出非transient非static属性（会写出size属性）
    s.defaultWriteObject();

    // 写出元素个数
    s.writeInt(size);

    // 依次写出元素
    for (int i=0; i<size; i++) {
        s.writeObject(elementData[i]);
    }

    // 如果有修改，抛出异常
    if (modCount != expectedModCount) {
        throw new ConcurrentModificationException();
    }
}

private void readObject(java.io.ObjectInputStream s)
        throws java.io.IOException, ClassNotFoundException {
    // 声明为空数组
    elementData = EMPTY_ELEMENTDATA;

    // 读入非transient非static属性（会读取size属性）
    s.defaultReadObject();

    // 读入元素个数，没什么用，只是因为写出的时候写了size属性，读的时候也要按顺序来读
    s.readInt();

    if (size > 0) {
        // 计算容量
```

```
        int capacity = calculateCapacity(elementData, size);
        SharedSecrets.getJavaOISAccess().checkArray(s, Object[].class, capacity);
        // 检查是否需要扩容
        ensureCapacityInternal(size);

        Object[] a = elementData;
        // 依次读取元素到数组中
        for (int i=0; i<size; i++) {
            a[i] = s.readObject();
        }
    }
}
```

查看writeObject()方法可知，先调用s.defaultWriteObject()方法，再把size写入到流中，再把元素一个一个的写入到流中。

一般地，只要实现了Serializable接口即可自动序列化，writeObject()和readObject()是为了自己控制序列化的方式，这两个方法必须声明为private，在java.io.ObjectStreamClass#getPrivateMethod()方法中通过反射获取到writeObject()这个方法。

在ArrayList的writeObject()方法中先调用了s.defaultWriteObject()方法，这个方法是写入非static非transient的属性，在ArrayList中也就是size属性。同样地，在readObject()方法中先调用了s.defaultReadObject()方法解析出了size属性。

ArrayList为什么要自定义序列化规则?

elementData定义为transient的优势，自己根据size序列化真实的元素，而不是根据数组的长度length序列化元素，减少了空间占用。

1、使用迭代器对ArrayList遍历

```
ArrayList list=new ArrayList(10);
        list.add("a");
        list.add("b");
        list.add("c");
        Iterator iterator = list.iterator();
        while (iterator.hasNext()){
            System.out.println(iterator.next());
 }
```

2、Collection实现了Iterbale迭代器接口

```
public interface Iterable<T> {
    Iterator<T> iterator();//由子类实现具体的迭代器Iterator也是一个接口
}
public interface Iterator<E> {

    boolean hasNext();

    E next();
}
```

3、ArrayList如何实现具体迭代器Iterator子类?

```
public class ArrayList<E> extends AbstractList<E> //整体代码概述
        implements List<E>, RandomAccess, Cloneable, java.io.Serializable
{
        public Iterator<E> iterator() {//ArrayList实现的Iterable接口的iterator方法，返回具体的迭代器
                return new Itr();
        }
        private class Itr implements Iterator<E> {从这里可以看到ArrayList使用私有内部类实现迭代器

        }
}
```

4、ArrayList的迭代器匿名内部类实现方式

```
private class Itr implements Iterator<E> {
    int cursor;       // 下一个next返回元素的索引
    int lastRet = -1; //最新一个返回元素的索引; -1 if no such
    int expectedModCount = modCount;主要是发现并发修改异常
    final synthetic ArrayList this$0=外部类对象ArrayList的引用（内部类对象持有外部类对象的引用）
    Itr(外部类ArrayList对象的引用){
        this$0=外部类对象的引用//内部类初始化过程时持有外部类对象的引用
    }
    public boolean hasNext() {//判断是否有下一个元素
      return cursor != size;如果下一个返回元素位置没到数组真实size大小，则返回true
    }

    public E next() {
      checkForComodification();
      int i = cursor;
      if (i >= size)
        throw new NoSuchElementException();
      Object[] elementData = ArrayList.this.elementData;ArrayList.this等价于this$0获得外部类对象引用
      if (i >= elementData.length)
        throw new ConcurrentModificationException();
      cursor = i + 1;//下一个next返回元素的索引cursor+1
      return (E) elementData[lastRet = i];迭代器访问数组中的第i个元素
    }
}
```

ArrayList面试

Java后端高频面试问题：ArrayList相关

八股十问之Java集合ArrayList