第10章　管理内存和底层数据结构

刘　卉

huiliu@fudan.edu.cn

前 言

如何实现标准库提供的类型？

- 使用语言核心的编程工具和技巧.
- 底层：标准库的基础，与计算机硬件紧密相关.
- 使用起来较难&危险，但更高效.
- 标准库并不能解决所有的问题.

本章内容

- 动态分配内存
  - 数组&指针，结合new&delete
  - 程序员可直接控制内存分配(标准库的类没有该能力)
- 不遵循"提出问题-解决方案"模式.
  - 所介绍的工具均在底层工作，很难使用其中一个解决有意义的问题.
- 在此基础上，第11章将介绍标准库如何利用这些底层工具实现容器.

10.1 指针和数组

C和C++最原始的数据结构之一

数组也是一种容器

- 类似于vector，但没有vector强大.

指针是一种随机访问迭代器

- 最重要的功能：访问数组元素.

10.1.1 指针

- 指针和数组不可分割
  - 单纯使用数组不能有效解决问题.
  - 数组使指针更有用.

```
int *p;  int* p; //两种用法等价
int* p, q;       //与int *p, q等价
int* p; int q;   //这种写法更好
```

  - 单个对象的指针：指向容器唯一元素的迭代器.

10.1.2 指向函数的指针

函数不是一个变量/对象

- 不能被复制(拷贝)、赋值，或直接作为参数传递.
- 程序所能做的：1）调用函数；2）取函数的地址.
- 任何使用函数的地方，如果不是在调用它，就是在取它的地址.

指向函数的指针

```
int next(int n)
{ return n+1; }
int (*fp)(int); // fp能指向带一个int形参、返回int值的函数
fp = next;      // 与fp = &next等价
i = fp(i);      // 与i = (*fp)(i)等价
```

- 返回函数指针的函数

函数指针类型

```
typedef double (*analysis_fp)(const vector<Student_info>&);
//get_analysis_ptr returns a pointer to an analysis function
analysis_fp get_analysis_ptr();
```

函数指针作参数

```
template<class In, class Pred>
In find_if(In begin, In end, Pred f)
{
    while (begin != end && !f(*begin))
        ++begin;
    return begin;
}
```

```
bool is_negative(int n)
{
    return n < 0;
}
```

```
vector<int> v;
vector<int>::iterator i = find_if(v.begin(), v.end(), is_negative);
```

10.1.3 数组

- 数组不是类
  - 数组不能像标准库的容器那样，动态地增长/缩小.
  - 数组没有size_type成员，用<cstddef>定义的size_t类型保存数组的长度.

```
const size_t NDim = 3; // 优于const int NDim = 3
double coords[NDim]; // 优于double coords[3]
```

10.1.4 指针的算术运算

[例] 把数组coords的内容复制到vector对象中

方法1. `vector<double> v;`

```
copy(coords, coords+NDim, back_inserter(v));
```

方法2. `vector<double> v(coords, coords + NDim);`

- coords+Ndim并不指向数组元素，而是一个有效的越界迭代器.
- 在包含n个元素的数组a上使用标准库算法：使用a和a+n作迭代器参数，e.g. sort(a, a+n);

- 如果a是一个包含n个元素的数组：

  当且仅当0<=i<=n，a+i有效；

  当且仅当0<=i<n，a+i指向a的一个元素.

- 若p和q指向同一数组元素，则p-q是一个整数，其类型为ptrdiff_t.

```
e.g.  p = coords, q = &coords[2];
      ptrdiff_t dis = p-q;  // 优于int dis = p-q
```

数组初始化

```
const int month_lengths[] = {31, 28, 31, 30, 31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31};
```

⚠ 标准库容器不支持这种初始化方式

```
vector<int> mon = {31, 28, 31, 30, 31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31};  // VS2017支持容器以数组的方式初始化，Dev-C++ 5.11不支持
```

10.2 再看字符串常量

- const char数组

```
const char hello[] = { 'H', 'e', 'l', 'l', 'o', '\0' };
```

  - 与字符串常量"Hello"意义相同.
  - 三种方式构造一个string对象s:

```
string s("Hello");  //字符串常量⇆字符指针
string s(hello);    //保存字符串的字符数组
string s(hello, hello + strlen(hello));  //迭代器区间
```

10.3 初始化字符指针数组

- 数字表示的成绩→字母表示的成绩

```
If the grade is at least  97 94 90 87 84 80 77 74 70 60 0
then the letter grade is  A+ A  A- B+  B B- C+ C  C- D  F
```

只初始化一次　元素的类型①　数组letters不能被改变②

```
static const char* const letters[] = { "A+", "A", "A-", "B+",
"B", "B-", "C+", "C", "C-", "D", "F" };
letters[0] = "a+";    //错误.②限定
letters[0][0] = 'a'; //错误. ①限定
```

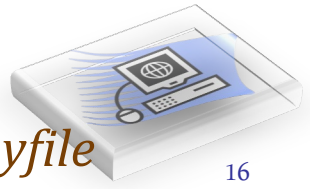
10.5 读写文件

- 标准错误流cerr/clog
  - 输出对程序的注释：提醒用户出现错误/建立日志文件.
  - 为了区分注释与普通输出，C++库定义了标准错误流.
  - clog
    - 用在日志上→与cout具有相同的缓冲性质.
    - 对程序的运行进行连续注释.
  - cerr
    - 总是立即输出→可能会带来一些开销.
    - 输出一个紧急错误.

读写磁盘文件

- ifstream, ofstream——<fstream>

```
//copies a file named in to a file named out
int main() {
    //定义用于输入的文件对象infile, 并将其与磁盘文件in(已存在)绑定
    ifstream infile("in");
    //定义用于输出的文件对象outfile, 并将其与磁盘文件out绑定
    ofstream outfile("out");
    string s;
    while (getline(infile, s)) //why not infile >> s?
        outfile << s << endl;
    return 0;
}
```



copyfile

- 文件名——必须是字符串指针

```
string file("in"); // file: string对象
ifstream infile(file.c_str()); //将file转换为字符串
```

10.6 三种内存管理

1. 自动内存管理

- 与局部变量相关，系统自动分配与释放.
- 避免使用无效指针.

```
// this function deliberately yields an invalid pointer.
// it is intended as a negative example—don't do this!
int* invalid_pointer()
{
    int x;
    return &x; // instant disaster!
}
```

C++并不诊断该错误，仍会得到返回值，但值不确定.

2. 静态分配内存

```
// This function is completely legitimate.
int* pointer_to_static()
{
    static int x;
    return &x;
}
```

- 函数被调用之前，系统已分配x的内存，且只分配一次.
- 只要程序运行，就不释放该静态变量的内存.
- 潜在缺陷：每次调用都返回同一个对象的指针.

3. 动态分配内存

I. 为单个对象分配和释放内存

II. 为数组分配并释放内存

10.6.1 为单个对象分配和释放内存

```
[例1]  int* p = new int(42); // 申请一块空间(由p指向), 存放42
       ++*p;  //*p is now 43
       delete p;  //p所指的空间被释放
[例2]  int* pointer_to_dynamic()
       { return new int(0); }  //申请一块空间, 初始化为0, 返回指针
```

⚠ 调用该函数的程序，应在适当的时候释放该对象.

10.6.2 为数组分配并释放内存

- new T[n]：数组的每个元素都被默认初始化
  - T是内置类型，且在局部生存空间分配→不会被初始化；
  - T是一个类→每个元素通过类的默认构造函数初始化.
    - 如果该类不允许默认初始化，编译器将终止该程序.
  - 每个元素被初始化会带来一定开销→标准库提供了一种更灵活的机制来动态分配数组.

```
new T[0]
```

- 允许为一个不包含任何元素的数组分配空间，返回一个越界指针.
- 这个特殊行为，使得如下代码在n为0时也能运行:

```
T* p = new T[n];
vector<T> v(p, p+n);
delete[] p;
```

  - p和p+n都是指针，可以比较.
  - []是必须的，告诉系统释放整个数组.

[例] 复制字符串

```
char* duplicate_chars(const char* p)
{
    // allocate enough space; remember to add one for the null
    size_t length = strlen(p) + 1;
    char* result = new char[length];
    // copy into our newly allocated space and return pointer to
    // first element
    copy(p, p+length, result);
    return result;
}
```

小 结

- 指针是随机访问迭代器
- 数组是大小固定的内置容器
  - 它的迭代器是指针.
  - 数组索引：按照指针的操作定义.
- 函数指针

```
vector<string> (*sp)(const string&) = split;
```

  - 定义sp是一个函数指针，指向split函数.

- 输入-输出
  - cerr：标准错误流，输出不进入缓冲.
  - clog：用于日志的标准错误，输出进入缓冲.
  - ifstream(cp)：绑定在char* cp所命名文件上的输入流，支持istream操作.
  - ofstream(cp)
  - <fstream>

内存管理

- new T, new T(args), delete p
- new T[n], delete []p