第5章 使用序列式容器并分析字符串

刘　卉

huiliu@fudan.edu.cn

前　言

- 深入理解如何使用标准库
  - 一致性体系结构: 学会使用一种容器→使用所有库容器.

e.g. 一个string对象当作一个vector使用.

  - 所有库类型在操作逻辑上相同.
  - 标准库的构造使得不同类型的等价操作以相同方式工作.

主要内容

- 5.1 把学生分类
- 5.2 迭代器(iterator)
- 5.3 用迭代器取代索引
- 5.4 重新设计数据结构以获取更好性能
- 5.5 list类型
- 5.6 剖析string类
- 小结

5.1 把学生分类

- 两类: 通过 & 未通过
  - 检测每条学生记录: 通过的记录保存在一个vector对象中, 未通过的记录保存在另一个vector对象中.
  - 功能函数fgrade:

```
// predicate to determine whether a student failed
bool fgrade(const Student_info& s)
{
    return grade(s) < 60;
}
```

```
// separate passing and failing student records: first try
vector<Student_info> extract_fails(vector<Student_info>& students)
{
    vector<Student_info> pass, fail;
    for (vector<Student_info>::size_type i = 0;
            i != students.size(); ++i)
        if (fgrade(students[i]))
            fail.push_back(students[i]);
        else
            pass.push_back(students[i]);
    students = pass;  // 修改实参为'通过的学生记录'
    return fail;  // 返回'未通过的学生记录'
}
```

未通过的

通过的

5.1.1 就地删除元素

潜在缺点

- 需要足够内存以保存每个学生的两份副本.

解决方法

- 从students中删除未通过学生;
- 只创建fail保存未通过学生.

```
// second try: correct but potentially slow
vector<Student_info> extract_fails(vector<Student_info>& students)
{
    vector<Student_info> fail;
    vector<Student_info>::size_type i = 0;
// invariant: elements [0, i) of students represent passing grades
    while (i != students.size()) {
        if (fgrade(students[i])) {
            fail.push_back(students[i]);
            students.erase(students.begin() + i);
        } else
            ++i;
    }
    return fail;
}
```

why?

不能直接对索引操作

思考：用for循环行吗？为什么？

```
for (i = 0; i != students.size(); ++i)
```

erase函数

所有容器都提供erase成员函数, 但不是所有容器都支持索引.

一致性原则: 提供相同工作方式的erase函数.

erase函数会改变vector对象的长度并调整索引.

为什么在循环条件中每次都要调用students.size()?

从vector中删除元素非常慢

vector针对快速随机访问作了优化.

代价: 插入/删除不在末尾的元素时, 开销较大.

大规模数据不应采用这种方法.

解决方法: 使用更合适的数据结构/更好的算法.

5.1.2 顺序访问和随机访问

随机访问

- 按任意顺序访问容器中的元素.
- 索引提供随机访问的能力.

extract_fails函数只需顺序访问容器

- 不需要索引.
- 重写函数, 仅使用支持顺序访问的操作来遍历各元素.
- 迭代器: C++标准库提供的类型.

5.2 迭代器(iterator)

迭代器是一个值, 它能够:

- 标识一个容器和其中的元素
- 检测元素的值
- 提供在元素之间移动的操作
- 约束可用操作

把使用索引的程序用迭代器重写

```
for (vector<Student_info>::size_type i = 0; i != students.size(); ++i)
        cout << students[i].name << endl;
```

```
for (vector<Student_info>::const_iterator iter = students.begin();
        iter != students.end(); ++iter)
        cout << (*iter).name << endl;
```

初始指向容器首元素

两种迭代器类型

- 每种标准库容器都有如下类型定义

container-type::const_iterator　　container-type::iterator

自动类型转换: iterator→const_iterator

```
vector<Student_info>::const_iterator iter = students.begin();
```

类型成员，对容器对象进行只读访问

返回iterator类型值

迭代器操作

```
for (vector<Student_info>::const_iterator iter = students.begin();
        iter != students.end(); ++iter)
        cout << (*iter).name << endl;     // (*iter).name ⇆ iter->name
```

- 可比较两个迭代器是否相等: ==, !=
- ++iter: 为迭代器重载的自增操作符，使迭代器指向容器中下一个元素;
- 通过迭代器和引用操作符*(或->)访问所指元素, (*iter)是一个左值.

students.erase(students.begin()+i)的含义

- students.begin()返回指向students首元素的迭代器，加i指向第i+1个元素.
- 如果students是一个不支持根据索引随机访问的容器，
  - 可通过迭代器顺序访问，但无法随机访问.
  - students.begin()返回的迭代器没有定义'+'操作→ students.begin()+i编译无法通过.

5.3 用迭代器取代索引

```
// version 3: iterators but no indexing; still potentially slow
vector<Student_info> extract_fails(vector<Student_info>& students)
{
    vector<Student_info> fail;
    vector<Student_info>::iterator iter = students.begin();
    while (iter != students.end()) {
        if (fgrade(*iter)) {
            fail.push_back(*iter);
            iter = students.erase(iter);
        } else
            ++iter;
    }
    return fail;
}
```

不再是const_iterator

每次循环均调用

使iter无效，返回被删除元素之后元素的迭代器

5.4 重新设计数据结构以获取更好性能

对于小型输入，用vector实现的程序性能良好，但随着输入增加，性能急剧下降.

- 在尾部插入/删除元素，性能良好.
- 在中间插入/删除元素时，该元素之后的所有元素都要移动.

重新设计数据结构以获取更好性能

需要一种数据结构，能高效地插入/删除容器中任何一个元素.

- 无需支持索引.
- 只需支持迭代器.

5.5 list类型

list也是一种容器类型

- 支持在容器中的任意位置进行快速插入/删除.
- 结构较复杂, 顺序访问比vector慢.
- list与vector有很多相同操作, 但list不支持索引(即, 不支持随机访问).

```
// version 4: use list instead of vector
 list <Student_info> extract_fails( list <Student_info>& students)
{
     list <Student_info> fail;
     list <Student_info>::iterator iter = students.begin();
     while (iter != students.end()) {
        if (fgrade(*iter)) {
            fail.push_back(*iter);
            iter = students.erase(iter);
        } else
            ++iter;
    }
    return fail;
}
```

5.5.1 重要区别

插入/删除操作对vector迭代器的影响

- erase操作: 被删除元素及其之后元素的迭代器均失效.
- push_back操作: 所有迭代器失效.为新元素分配空间可能会引起整个vector的重新分配.
- 在循环中使用插入/删除操作时, 必须确保没有保存任何无效的迭代器.

插入/删除操作对list迭代器的影响

- erase/push_back不会使指向其它元素的迭代器失效.
- 指向被删除元素的迭代器失效, 因为该元素已不存在.

- list类不能使用标准库的sort函数
  - 提供自己的sort成员函数

```
list<Student_info> students;
students.sort(compare);
```

```
vector<Student_info> students;
sort(students.begin(), students.end(), compare);
```

5.5.2 为什么要如此麻烦?

- 不同数据结构对性能的影响
  - 只需随机访问→选择vector
  - 需要从容器中删除/向容器中添加元素→选择list

File size	list	vector
735	0.1	0.1
7,350	0.8	6.7
73,500	8.8	597.1

5.6 剖析string类

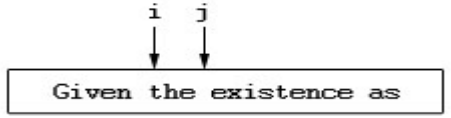
- string可看作特殊的容器
  - 支持部分容器操作: 索引, 提供迭代器.
  - 很多用于vector的技术都可用于string.

    e.g. string s;

    s[0]: 第一个字符,

    s[s.size()-1]: 最后一个字符.

- 问题描述: 把一行文本分成多个单词
  - 写成函数: 带一个字符串参数, 返回vector<string>类型值, 包含由空白符分隔的所有单词.
  - 定义索引i和j, 通过计算i和j的值给每个单词定位[i, j).



- string的成员函数substr

```
string substr( size_type i, size_type n) const;
```

  - 从位置i开始复制n个字符以创建一个新字符串.

- <cctype>头文件
  - 定义了isspace等处理单个字符的函数.
  - cctype库: C++从C继承而来.

split

小 结

- 容器和迭代器
  - 在标准库的设计中, 不同容器的相似操作具有相同接口和语义.

    e.g. vector和list都支持push_back(*iter)和erase(iter)操作.
  - 支持随机访问的容器和string类型可用c[n]取元素.

- 所有序列式容器和string类型都提供如下操作:

```
container<T> c    container<T> c(c2)  container<T> c(n)
container<T> c(n, t)    container<T> c(b, e)
container<T> c = c2     c = c2

container<T>::iterator  container<T>::const_iterator
container<T>::size_type

c.size()      c.empty()    c.push_back(t)
c.begin()     c.end()      c.rbegin()      c.rend()
c.erase(it)          c.erase(b, e)
c.insert(it, t)      c.insert(it, b, e)
```

- 迭代器操作

```
*it, (*it).x, it->x, ++it, it++, b == e, b != e
```

  - string类型提供迭代器, 支持随机访问

```
s.substr(i, j) getline(is, s)     s += s2
```

  - vector提供库容器中功能最强大的迭代器——随机访问迭代器
- list类型支持高效的插入/删除操作
  - l.sort(): 按list定义的'<'操作符对元素排序.
  - l.sort(cmp): 按谓词cmp对元素排序.

- <cctype>: 操作字符数据

```
isspace(c), isalpha(c), isdigit(c), isalnum(c), ispunct(c),
isupper(c), islower(c), toupper(c), tolower(c)
```

- 从C继承而来的头文件——在文件名前加上'c'

e.g. 如果想产生随机数:

```
#include <cstdlib>
#include <ctime>
```