

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

Факультет информационных технологий и прикладной
математики

Кафедра вычислительной математики и программирования

Лабораторная работа №3 по курсу «Дискретный анализ»

Студент: И. П. Попов
Преподаватель: А. А. Кухтичев
Группа: М8О-206Б
Дата:
Оценка:
Подпись:

Москва, 2022

Лабораторная работа №3

Задача: Исследование качества программ.

Для реализации словаря из предыдущей лабораторной работы, необходимо провести исследование скорости выполнения и потребления оперативной памяти. В случае выявления ошибок или явных недочётов, требуется их исправить.

Результатом лабораторной работы является отчёт, состоящий из:

1. Дневника выполнения работы, в котором отражено что и когда делалось, какие средства использовались и какие результаты были достигнуты на каждом шаге выполнения лабораторной работы.
2. Выводов о найденных недочётах.
3. Сравнение работы исправленной программы с предыдущей версией.
4. Общих выводов о выполнении лабораторной работы, полученном опыте.

Минимальный набор используемых средств должен содержать утилиту `gprof` и библиотеку `dmalloc`, однако их можно заменять на любые другие аналогичные или более развитые утилиты (например, `Valgrind` или `Shark`) или добавлять к ним новые (например, `gcov`).

1 Описание

Для анализа работы программы будем использовать утилиты `valgrind`, `gprof` и `perf`.

1. Valgrind

Valgrind предназначен для отладки использования памяти, обнаружения утечек памяти, а также профилирования. Valgrind является по сути виртуальной машиной, использующей методы JIT-компиляции, среди которых – динамическая перекомпиляция. Valgrind транслирует программу во временную, более простую форму, называемую промежуточным представлением и работает с этим представлением.

2. Gprof

Gprof – инструмент для анализа производительности UNIX приложений. Gprof вносит в программу дополнительный код на этапе компиляции, для извлечения необходимой информации.

3. Gcov

Gcov — свободно распространяемая утилита для исследования покрытия кода. Gcov генерирует точное количество исполнений для каждого оператора в программе и позволяет добавить аннотации к исходному коду. Gcov поставляется как стандартная утилита в составе пакета GCC.

2 Используемые средства

1. Valgrind

Утечки памяти одни из самых трудных для обнаружения ошибок, потому что они не вызывают никаких внешних проблем, до тех пор, пока у вас не закончится память и вам не удастся вызвать malloc. В самом деле, при работе с языками C или C++, которые не имеют сборки мусора, почти половину времени вы можете потратить на правильное освобождение памяти. И даже одна ошибка может дорого обойтись, если ваша программа работает достаточно долго и следует этой ветви кода

```
root@Lunidep:~/DA/da_lab3/valgrind# g++ -Wall -Wextra -g da_lab2.cpp -o
test_valgrind
root@Lunidep:~/DA/da_lab3/valgrind# valgrind ./test_valgrind <tmp
==1572== Memcheck, a memory error detector
==1572== Copyright (C) 2002-2017, and GNU GPL'd, by Julian Seward et al.
==1572== Using Valgrind-3.15.0 and LibVEX; rerun with -h for copyright
info
==1572== Command: ./test_valgrind
==1572==
OK
Exist
OK
OK: 18446744073709551615
OK: 1
OK
NoSuchWord
==1572==
==1572== HEAP SUMMARY:
==1572==      in use at exit: 122,880 bytes in 6 blocks
==1572==    total heap usage: 14 allocs, 8 frees, 196,997 bytes allocated
==1572==
==1572== LEAK SUMMARY:
==1572==    definitely lost: 0 bytes in 0 blocks
==1572==    indirectly lost: 0 bytes in 0 blocks
==1572==    possibly lost: 0 bytes in 0 blocks
==1572==    still reachable: 122,880 bytes in 6 blocks
==1572==          suppressed: 0 bytes in 0 blocks
==1572== Rerun with --leak-check=full to see details of leaked memory
==1572==
==1572== For lists of detected and suppressed errors, rerun with: -s
```

==1572== ERROR SUMMARY: 0 errors from 0 contexts (suppressed: 0 from 0)

Из полученных результатов можно сделать вывод, что явных утечек нет, но достижима утечка 122,880 байт.

Попробуем получить больше информации с помощью ключа `-leak-check-full`. Вследствие использования этого ключа можно установить, что причиной возможных утечек являются методы `sync_with_stdio`.

2. Gprof

Проверим время выполнения нашей программы с помощью Gprof. Для этого надо скомпилировать программу с флагом `-pg` (добавим этот флаг в `CMakeLists.txt`).

```
root@Lunidep:~/DA/da_lab3/gprof# g++ -Wall -Wextra -pg benchmark.cpp -o test_gprof
root@Lunidep:~/DA/da_lab3/gprof# ./test_gprof >/dev/null
root@Lunidep:~/DA/da_lab3/gprof# ls
benchmark.cpp  gmon.out  test_gprof  tmp
root@Lunidep:~/DA/da_lab3/gprof# gprof test_gprof gmon.out >profile-data.txt
Flat profile:
```

Each sample counts as 0.01 seconds.

% time	cumulative seconds	self seconds	calls	self ms/call	total ms/call	name
9.93	0.25	0.25	77585158	0.00	0.00	void std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::allocator<char>>::operator=(const std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::allocator<char>>&)
8.34	0.46	0.21	2222008	0.00	0.00	std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::allocator<char>>::operator=(const std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::allocator<char>>&)
6.75	0.63	0.17	277633680	0.00	0.00	std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::allocator<char>>::operator=(const std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::allocator<char>>&)
6.75	0.80	0.17	2222008	0.00	0.00	std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::allocator<char>>::operator=(const std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::allocator<char>>&)
5.96	0.95	0.15	8888032	0.00	0.00	std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::allocator<char>>::operator=(const std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::allocator<char>>&)
4.77	1.07	0.12	71099550	0.00	0.00	std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::allocator<char>>::operator=(const std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::allocator<char>>&)
4.37	1.18	0.11	67717290	0.00	0.00	std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::allocator<char>>::operator=(const std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::allocator<char>>&)
3.57	1.27	0.09	66215747	0.00	0.00	std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::allocator<char>>::operator=(const std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::allocator<char>>&)

2.98	1.35	0.08	77585158	0.00	0.00	std::iterator_traits<char*>::difference_type
std::distance<char*>(char*,char*)						
2.78	1.42	0.07	118732749	0.00	0.00	std::less<std::__cxx11::basic_string<char,
const						
2.78	1.49	0.07	118732749	0.00	0.00	std::_Rb_tree<std::__cxx11::basic_string<c
long long>,std::_Select1st<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std						
long long>>,std::less<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha						
long long>>>::_S_key(std::_Rb_tree_node<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_tra						
long long>>const*)						
2.78	1.56	0.07	71099550	0.00	0.00	unsigned long long const& std::max<unsigned
long long>(unsigned long long const&,unsigned long long const&)						
2.38	1.62	0.06	65195182	0.00	0.00	std::_Rb_tree<std::__cxx11::basic_string<ch
long long>,std::_Select1st<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std						
long long>>,std::less<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha						
long long>>>::_S_right(std::_Rb_tree_node_base*)						
2.38	1.68	0.06	203662318	0.00	0.00	bool std::operator<<char,std::char_traits<
2.38	1.74	0.06	1111004	0.00	0.00	TAvl<std::__cxx11::basic_string<char,std::c
long long>::Search(TAvl<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<c						
long long>::TAvlNode*,std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha						
1.99	1.79	0.05	2222008	0.00	0.00	TAvl<std::__cxx11::basic_string<char,std::c
long long>::Add(std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<char>>,un						
long long)						
1.99	1.84	0.05	1111004	0.00	0.00	std::_Rb_tree<std::__cxx11::basic_string<ch
long long>,std::_Select1st<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std						
long long>>,std::less<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha						
long long>>>::equal_range(std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator						
1.99	1.89	0.05	49213654	0.00	0.00	bool std::operator>>char,std::char_traits<c
1.59	1.93	0.04	118732749	0.00	0.00	__gnu_cxx::__aligned_membuf<std::pair<std:
long long>>::_M_ptr() const						
1.59	1.97	0.04	2111005	0.00	0.00	std::_Rb_tree_iterator<std::pair<std::__cxx
long long>>std::_Rb_tree<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<						
long long>,std::_Select1st<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std						
long long>>,std::less<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha						
long long>>>::_M_insert_<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std:::						
long long>,std::_Rb_tree<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<						
long long>,std::_Select1st<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std						
long long>>,std::less<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha						
long long>>>::_Alloc_node>(std::_Rb_tree_node_base*,std::_Rb_tree_node_base*,std::pair<std::_c						
long long>&&,std::_Rb_tree<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocato						
long long>,std::_Select1st<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std						
long long>>,std::less<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha						
long long>>>::_Alloc_node&)						
1.39	2.00	0.04	77585158	0.00	0.00	bool __gnu_cxx::__is_null_pointer<char>(cha
1.19	2.03	0.03	8888032	0.00	0.00	std::__cxx11::basic_string<char,std::char_t
1.19	2.06	0.03	2222008	0.00	0.00	std::_Rb_tree<std::__cxx11::basic_string<ch
long long>,std::_Select1st<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std						
long long>>,std::less<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha						
long long>>>::_M_lower_bound(std::_Rb_tree_node<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std:::						
long long>>*,std::_Rb_tree_node_base*,std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,s						

```

1.19      2.09      0.03 2111005      0.00      0.00 void __gnu_cxx::new_allocator<std::_Rb_tree
long long>>>::construct<std::pair<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::a
long long>,std::pair<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<char
long long>>(std::pair<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha
long long>*,std::pair<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha
long long>&&)
1.19      2.12      0.03 1111004      0.00      0.00 TAvl<std::_cxx11::basic_string<char,std::c
long long>::Remove(TAvl<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<c
long long>::TAvlNode*,std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha
0.99      2.15      0.03 118732749      0.00      0.00 __gnu_cxx::__aligned_membuf<std::pair<std:
long long>>::_M_addr() const
0.99      2.17      0.03 41281958      0.00      0.00 std::_Rb_tree<std::_cxx11::basic_string<ch
long long>,std::_Select1st<std::pair<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std
long long>>,std::less<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha
long long>>>::_S_left<std::_Rb_tree_node_base*)
0.79      2.19      0.02 118732749      0.00      0.00 std::_Select1st<std::pair<std::_cxx11::ba
long long>>::operator()(std::pair<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::a
long long>const&) const
0.79      2.21      0.02 77585158      0.00      0.00 std::iterator_traits<char*>::difference_typ
std::_distance<char*>(char*,char*,std::random_access_iterator_tag)
0.79      2.23      0.02 10405436      0.00      0.00 std::_Rb_tree_iterator<std::pair<std::_cxx
long long>>::_Rb_tree_iterator(std::_Rb_tree_node_base*)
0.79      2.25      0.02 8888032      0.00      0.00 std::_cxx11::to_string(int)
0.79      2.27      0.02 2222008      0.00      0.00 std::pair<std::_Rb_tree_iterator<std::pair<
long long>>,bool>std::_Rb_tree<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allo
long long>,std::_Select1st<std::pair<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std
long long>>,std::less<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha
long long>>>::_M_insert_unique<std::pair<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>
long long>>(std::pair<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha
long long>&&)
0.79      2.29      0.02 2111005      0.00      0.00 __gnu_cxx::new_allocator<std::_Rb_tree_node
long long>>>::deallocate(std::_Rb_tree_node<std::pair<std::_cxx11::basic_string<char,std::char
long long>>*,unsigned long)
0.79      2.31      0.02 2111005      0.00      0.00 std::_Rb_tree<std::_cxx11::basic_string<ch
long long>,std::_Select1st<std::pair<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std
long long>>,std::less<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha
long long>>>::_M_put_node(std::_Rb_tree_node<std::pair<std::_cxx11::basic_string<char,std::cha
long long>>*)
0.79      2.33      0.02 2111005      0.00      0.00 void std::_Rb_tree<std::_cxx11::basic_stri
long long>,std::_Select1st<std::pair<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std
long long>>,std::less<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha
long long>>>::_M_construct_node<std::pair<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char
long long>>(std::_Rb_tree_node<std::pair<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>
long long>>*,std::pair<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<ch
long long>&&)
0.79      2.35      0.02 893897      0.00      0.00 TAvl<std::_cxx11::basic_string<char,std::c
long long>::RemoveMin(TAvl<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocato
long long>::TAvlNode*,TAvl<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocato
long long>::TAvlNode*)

```

```

0.40      2.36      0.01 118732749      0.00      0.00  std::_Rb_tree_node<std::pair<std::__cxx11:
long long>>::_M_valptr() const
0.40      2.37      0.01 77585158      0.00      0.00  std::iterator_traits<char*>::iterator_categ
std::_iterator_category<char*>(char* const&)
0.40      2.38      0.01 8888032      0.00      0.00  void std::__cxx11::basic_string<char,std::c
0.40      2.39      0.01 6666024      0.00      0.00  std::chrono::duration<long,std::ratio<1l,10
const
0.40      2.40      0.01 6666024      0.00      0.00  std::enable_if<std::chrono::__is_duration<s
std::chrono::duration_cast<std::chrono::duration<long,std::ratio<1l,1000000l>>,long,std::ratio<
0.40      2.41      0.01 4444017      0.00      0.00  std::_Rb_tree<std::__cxx11::basic_string<ch
long long>,std::_Select1st<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std
long long>>,std::less<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha
long long>>>::_M_begin()
0.40      2.42      0.01 2222008      0.00      0.00  std::_Rb_tree<std::__cxx11::basic_string<ch
long long>,std::_Select1st<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std
long long>>,std::less<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha
long long>>>::size() const
0.40      2.43      0.01 2222008      0.00      0.00  std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,s
long long>::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<char>>,i
0.40      2.44      0.01 2111005      0.00      0.00  void __gnu_cxx::new_allocator<std::_Rb_tree
long long>>>::destroy<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::all
long long>>(std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha
long long>*)
0.40      2.45      0.01 2111005      0.00      0.00  std::allocator_traits<std::allocator<std::
long long>>>::deallocate<std::allocator<std::_Rb_tree_node<std::pair<std::__cxx11::basic_strin
long long>>>&,std::_Rb_tree_node<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<cha
long long>>>*,unsigned long)
0.40      2.46      0.01 2111005      0.00      0.00  std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,s
long long>::pair<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocato
long long>>&&)
0.40      2.47      0.01 2111005      0.00      0.00  std::pair<std::_Rb_tree_node_base*,std::_Rb
long long>>&&,std::_Rb_tree_node_base*&,true>(std::_Rb_tree_node<std::pair<std::__cxx11::basic_
long long>>&&,std::_Rb_tree_node_base*&)
0.40      2.48      0.01 1111004      0.00      0.00  std::_Rb_tree<std::__cxx11::basic_string<ch
long long>,std::_Select1st<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std
long long>>,std::less<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha
long long>>>::_M_erase_aux<std::_Rb_tree_const_iterator<std::pair<std::__cxx11::basic_string<ch
long long>>,std::_Rb_tree_const_iterator<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_tr
long long>>>)
0.40      2.49      0.01 1111004      0.00      0.00  std::_Rb_tree<std::__cxx11::basic_string<ch
long long>,std::_Select1st<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std
long long>>,std::less<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha
long long>>>::find<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<char>>>
0.40      2.50      0.01      1      10.01      10.01  TAvl<std::__cxx11::basic_string<char,std::c
long long>::TreeDelete(TAvl<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocat
long long>::TAvlNode*)
0.40      2.51      0.01
main
0.20      2.52      0.01 4222010      0.00      0.00  __gnu_cxx::__aligned_membuf<std::pair<std::
long long>>::_M_addr()

```



```

0.20      2.52      0.01      1      5.00      5.00  __gnu_cxx::new_allocator<std::_Rb_tree_node
long long>>>::new_allocator()
0.00      2.52      0.00 19998072      0.00      0.00  std::chrono::duration<long,std::ratio<1l,10
const
0.00      2.52      0.00 14777035      0.00      0.00  std::pair<std::_cxx11::basic_string<char,s
long long>&& std::forward<std::pair<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std:
long long>>(std::remove_reference<std::pair<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<ch
long long>>::type&)
0.00      2.52      0.00 13332048      0.00      0.00  std::chrono::time_point<std::chrono::_V2:s
const
0.00      2.52      0.00 8888032      0.00      0.00  void std::_cxx11::basic_string<char,std::c
0.00      2.52      0.00 8444020      0.00      0.00  std::_Rb_tree<std::_cxx11::basic_string<ch
long long>,std::_Select1st<std::pair<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std
long long>>,std::less<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha
long long>>>::M_get_Node_allocator()
0.00      2.52      0.00 6666024      0.00      0.00  std::chrono::duration<long,std::ratio<1l,10
0.00      2.52      0.00 6666024      0.00      0.00  std::chrono::duration<long,std::ratio<1l,10
const&
0.00      2.52      0.00 6666024      0.00      0.00  std::chrono::duration<long,std::ratio<1l,10
const&)
0.00      2.52      0.00 6666024      0.00      0.00  std::common_type<std::chrono::duration<long
std::chrono::operator-(<std::chrono::_V2::system_clock,std::chrono::duration<long,std::ratio<1l,
0.00      2.52      0.00 6666024      0.00      0.00  std::common_type<std::chrono::duration<long
std::chrono::operator-(<long,std::ratio<1l,1000000000l>,long,std::ratio<1l,1000000000l>>(std::ch
0.00      2.52      0.00 6555021      0.00      0.00  std::_Rb_tree<std::_cxx11::basic_string<ch
long long>,std::_Select1st<std::pair<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std
long long>>,std::less<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha
long long>>>::M_end()
0.00      2.52      0.00 5444011      0.00      0.00  std::_Rb_tree<std::_cxx11::basic_string<ch
long long>,std::_Select1st<std::pair<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std
long long>>,std::less<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha
long long>>>::S_key(std::_Rb_tree_node_base const*)
0.00      2.52      0.00 5337913      0.00      0.00  std::remove_reference<std::_cxx11::basic_s
std::move<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<char>>&>(std::_
0.00      2.52      0.00 4444016      0.00      0.00  std::_Rb_tree_iterator<std::pair<std::_cxx
long long>>&& std::forward<std::_Rb_tree_iterator<std::pair<std::_cxx11::basic_string<char,std
long long>>>(std::remove_reference<std::_Rb_tree_iterator<std::pair<std::_cxx11::basic_string<
long long>>>::type&)
0.00      2.52      0.00 4333013      0.00      0.00  std::pair<std::_cxx11::basic_string<char,s
long long>::~~pair()
0.00      2.52      0.00 4333012      0.00      0.00  std::_Select1st<std::pair<std::_cxx11::bas
long long>>::operator()(std::pair<std::_cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::a
long long>&) const
0.00      2.52      0.00 4222010      0.00      0.00  __gnu_cxx::__aligned_membuf<std::pair<std::
long long>>::M_ptr()
0.00      2.52      0.00 4222010      0.00      0.00  std::_Rb_tree_node<std::pair<std::_cxx11:
long long>>::M_valptr()
0.00      2.52      0.00 4222010      0.00      0.00  operator new(unsigned long,void*)
0.00      2.52      0.00 3333016      0.00      0.00  std::_Rb_tree_const_iterator<std::pair<std:

```

```

long long>>::_Rb_tree_const_iterator(std::_Rb_tree_iterator<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,
long long>>>const&))
0.00      2.52      0.00  2222008      0.00      0.00  std::map<std::__cxx11::basic_string<char, std::
long long>, std::less<std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::allocator<char>>>
long long>>>::insert(std::pair<std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::allo
long long>>&&))
0.00      2.52      0.00  2222008      0.00      0.00  std::pair<std::_Rb_tree_iterator<std::pair<
long long>>, bool>::pair<std::_Rb_tree_iterator<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char, std::c
long long>>, bool, true>(std::_Rb_tree_iterator<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char, std::ch
long long>>&&, bool&&))
0.00      2.52      0.00  2222008      0.00      0.00  std::remove_reference<std::pair<std::__cxx1
long long>>&>::type&& std::move<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>,
long long>>&>(std::pair<std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::allocator<ch
long long>>&))
0.00      2.52      0.00  2222008      0.00      0.00  std::__cxx11::basic_string<char, std::char_t
std::forward<std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::allocator<char>>>>(std:
0.00      2.52      0.00  2222008      0.00      0.00  std::_Rb_tree_node_base*& std::forward<std:
0.00      2.52      0.00  2222008      0.00      0.00  int& std::forward<int&>(std::remove_referen
0.00      2.52      0.00  2222008      0.00      0.00  bool&& std::forward<bool>(std::remove_refer
0.00      2.52      0.00  2222008      0.00      0.00  std::operator!=(std::_Rb_tree_const_iterato
long long>>const&, std::_Rb_tree_const_iterator<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char, std::c
long long>>>const&))
0.00      2.52      0.00  2111005      0.00      0.00  TAvl<std::__cxx11::basic_string<char, std::c
long long>>::TAvlNode::TAvlNode(std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::allo
long long>))
0.00      2.52      0.00  2111005      0.00      0.00  TAvl<std::__cxx11::basic_string<char, std::c
long long>>::TAvlNode::~~TAvlNode()
0.00      2.52      0.00  2111005      0.00      0.00  __gnu_cxx::new_allocator<std::_Rb_tree_node
long long>>>::allocate(unsigned long, void const*)
0.00      2.52      0.00  2111005      0.00      0.00  __gnu_cxx::new_allocator<std::_Rb_tree_node
long long>>>::max_size() const
0.00      2.52      0.00  2111005      0.00      0.00  std::_Rb_tree_node<std::pair<std::__cxx11:
long long>>* std::_Rb_tree<std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::allocato
long long>, std::_Select1st<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std
long long>>, std::less<std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::allocator<cha
long long>>>::_Alloc_node::operator()<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char, std::char_trait
long long>>(std::pair<std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::allocator<cha
long long>>&&) const
0.00      2.52      0.00  2111005      0.00      0.00  void std::allocator_traits<std::allocator<s
long long>>>>::destroy<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::al
long long>>(std::allocator<std::_Rb_tree_node<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char, std::ch
long long>>>&, std::pair<std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::allocator<c
long long>>*)
0.00      2.52      0.00  2111005      0.00      0.00  std::allocator_traits<std::allocator<std::_
long long>>>>::allocate(std::allocator<std::_Rb_tree_node<std::pair<std::__cxx11::basic_string<
long long>>>&, unsigned long)
0.00      2.52      0.00  2111005      0.00      0.00  void std::allocator_traits<std::allocator<s
long long>>>>::construct<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::
long long>, std::pair<std::__cxx11::basic_string<char, std::char_traits<char>, std::allocator<char

```

[illegible]

```
long long>>>::end()  
0.00      2.52       0.00    1111008       0.00        0.00   std::operator==(std::_Rb_tree_const_iterator  
long long>>const&,std::_Rb_tree_const_iterator<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::c  
long long>>const&)  
0.00      2.52       0.00    1111004       0.00        0.00   Tavl<std::__cxx11::basic_string<char,std::c  
long long>::Find(std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<char>>)  
0.00      2.52       0.00    1111004       0.00        0.00   Tavl<std::__cxx11::basic_string<char,std::c  
long long>::Delete(std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<char>>  
0.00      2.52       0.00    1111004       0.00        0.00   std::_Rb_tree_const_iterator<std::pair<std:  
long long>>::operator++(int)  
0.00      2.52       0.00    1111004       0.00        0.00   std::map<std::__cxx11::basic_string<char,st  
long long,std::less<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<char>  
long long>>>::find(std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<char>>  
0.00      2.52       0.00    1111004       0.00        0.00   std::map<std::__cxx11::basic_string<char,st  
long long,std::less<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<char>  
long long>>>::erase(std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<char>  
0.00      2.52       0.00    1111004       0.00        0.00   std::pair<std::_Rb_tree_iterator<std::pair<  
long long>>,std::_Rb_tree_iterator<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<c  
long long>>>::pair<std::_Rb_tree_iterator<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_t  
long long>>,std::_Rb_tree_iterator<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<c  
long long>>,true>(std::_Rb_tree_iterator<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_tr  
long long>>&&,std::_Rb_tree_iterator<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits  
long long>>&&))  
0.00      2.52       0.00    1111004       0.00        0.00   std::_Rb_tree<std::__cxx11::basic_string<ch  
long long>,std::_Select1st<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std  
long long>>,std::less<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha  
long long>>>::_M_erase_aux(std::_Rb_tree_const_iterator<std::pair<std::__cxx11::basic_string<ch  
long long>>)  
0.00      2.52       0.00    1111004       0.00        0.00   std::_Rb_tree<std::__cxx11::basic_string<ch  
long long>,std::_Select1st<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std  
long long>>,std::less<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha  
long long>>>::_M_upper_bound(std::_Rb_tree_node<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::  
long long>>*,std::_Rb_tree_node_base*,std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,st  
0.00      2.52       0.00    1111004       0.00        0.00   std::_Rb_tree<std::__cxx11::basic_string<ch  
long long>,std::_Select1st<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std  
long long>>,std::less<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha  
long long>>>::erase(std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<char>  
0.00      2.52       0.00     726639       0.00        0.00   Tavl<std::__cxx11::basic_string<char,std::c  
long long>::RotateRight(Tavl<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::alloca  
long long>::TavlNode*)  
0.00      2.52       0.00     602276       0.00        0.00   Tavl<std::__cxx11::basic_string<char,std::c  
long long>::BigRotateRight(Tavl<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::all  
long long>::TavlNode*)  
0.00      2.52       0.00     406391       0.00        0.00   std::_Rb_tree_iterator<std::pair<std::__cx  
long long>>::operator--()  
0.00      2.52       0.00     111003       0.00        0.00   std::pair<std::_Rb_tree_node_base*,std::_Rb  
const&)<br>0.00      2.52       0.00      45972       0.00        0.00   Tavl<std::__cxx11::basic_string<char,std::c  
long long>::BigRotateLeft(Tavl<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::all
```

```

long long>::TAvlNode*)
0.00      2.52      0.00      1      0.00      0.00      _GLOBAL__sub_I_number_of_nodes
0.00      2.52      0.00      1      0.00      0.00      __static_initialization_and_destruction_0(i
0.00      2.52      0.00      1      0.00      0.00      TDetailAvl::TDetailAvl()
0.00      2.52      0.00      1      0.00      10.01     TDetailAvl::~~TDetailAvl()
0.00      2.52      0.00      1      0.00      0.00      TAvl<std::__cxx11::basic_string<char,std::c
long long>::TAvl()
0.00      2.52      0.00      1      0.00      10.01     TAvl<std::__cxx11::basic_string<char,std::c
long long>::~~TAvl()
0.00      2.52      0.00      1      0.00      0.00      __gnu_cxx::new_allocator<std::_Rb_tree_node
long long>>>::~new_allocator()
0.00      2.52      0.00      1      0.00      5.00      std::allocator<std::_Rb_tree_node<std::pair
long long>>>::allocator()
0.00      2.52      0.00      1      0.00      0.00      std::allocator<std::_Rb_tree_node<std::pair
long long>>>::~~allocator()
0.00      2.52      0.00      1      0.00      0.00      std::_Rb_tree_header::_M_reset()
0.00      2.52      0.00      1      0.00      0.00      std::_Rb_tree_header::_Rb_tree_header()
0.00      2.52      0.00      1      0.00      0.00      std::_Rb_tree_key_compare<std::less<std::_
0.00      2.52      0.00      1      0.00      5.00      std::map<std::__cxx11::basic_string<char,st
long long,std::less<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<char>
long long>>>::map()
0.00      2.52      0.00      1      0.00      31.16     std::map<std::__cxx11::basic_string<char,st
long long,std::less<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<char>
long long>>>::~~map()
0.00      2.52      0.00      1      0.00      5.00      std::_Rb_tree<std::__cxx11::basic_string<ch
long long>,std::_Select1st<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std
long long>>,std::less<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha
long long>>>::_Rb_tree_impl<std::less<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,st
0.00      2.52      0.00      1      0.00      0.00      std::_Rb_tree<std::__cxx11::basic_string<ch
long long>,std::_Select1st<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std
long long>>,std::less<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha
long long>>>::_Rb_tree_impl<std::less<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,st
0.00      2.52      0.00      1      0.00      31.16     std::_Rb_tree<std::__cxx11::basic_string<ch
long long>,std::_Select1st<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std
long long>>,std::less<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha
long long>>>::_M_erase(std::_Rb_tree_node<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_t
long long>>>*)
0.00      2.52      0.00      1      0.00      5.00      std::_Rb_tree<std::__cxx11::basic_string<ch
long long>,std::_Select1st<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std
long long>>,std::less<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha
long long>>>::_Rb_tree()
0.00      2.52      0.00      1      0.00      31.16     std::_Rb_tree<std::__cxx11::basic_string<ch
long long>,std::_Select1st<std::pair<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std
long long>>,std::less<std::__cxx11::basic_string<char,std::char_traits<char>,std::allocator<cha
long long>>>::~~_Rb_tree()

```

% the percentage of the total running time of the
time program used by this function.

cumulative a running sum of the number of seconds accounted
seconds for by this function and those listed above it.

self the number of seconds accounted for by this
seconds function alone. This is the major sort for this
listing.

calls the number of times this function was invoked,if
this function is profiled,else blank.

self the average number of milliseconds spent in this
ms/call function per call,if this function is profiled,
else blank.

total the average number of milliseconds spent in this
ms/call function and its descendents per call,if this
function is profiled,else blank.

name the name of the function. This is the minor sort
for this listing. The index shows the location of
the function in the gprof listing. If the index is
in parenthesis it shows where it would appear in
the gprof listing if it were to be printed.

Copyright (C) 2012-2020 Free Software Foundation,Inc.

% time ('% времени') Это процент от общего времени исполнения вашей программы, затраченный на выполнение этой функции. Сумма по всем строкам должна составлять 100

'cumulative seconds' ('секунды нарастающим итогом') Это общее время в секундах, которое затратил компьютер на выполнение этой функции, плюс время, затраченное на выполнение всех функций, перечисленных выше в этой таблице.

'self seconds' ('собственных секунд') Это количество секунд, подсчитанных только для этой функции. Листинг простого профиля сперва упорядочивается по этому количеству.

'calls' ('вызовов') Это общее количество вызовов этой функции—сколько раз она была вызвана. Если функция ни разу не вызывалась или количество вызовов не может быть определено (возможно, из-за того, что функция не была откомпилирована для профилирования), то поле 'calls' ('вызовов') остается пустым.

'self ms call' ('собственных миллисекунд на вызов') /

Это поле представляет собой среднее количество миллисекунд, затраченных этой

функцией на вызов, если эта функция профилируется. Иначе это поле остается пустым для этой функции.

‘total ms call’ (‘всего миллисекунд на вызов’) /

Это поле представляет собой среднее количество миллисекунд, затраченных этой функцией и ее подпрограммами на вызов, если эта функция профилируется. Иначе это поле остается пустым для этой функции.

‘name’ (‘имя функции’) Это имя функции. Листинг простого профиля упорядочивается по этому полю в алфавитном порядке после упорядочения по полю ‘self seconds’ (‘собственных секунд’).

3. Gcov

Для использования утилиты gcov, необходимо сперва скомпилировать программу с ключом `–coverage`. После запуска полученной программы и завершения ее работы, будет сгенерирован файл с расширением gcda, содержащий информацию о покрытии кода.

```
root@Lunidep:~/DA/da_lab3/gcov# g++ --coverage da_lab2.cpp -o test_gcov
root@Lunidep:~/DA/da_lab3/gcov# ./test_gcov <tmp
OK
OK
OK
OK
OK
OK: 777
OK
NoSuchWord
```

Данный файл можно преобразовать в html-страницу для наглядности.

```
root@Lunidep:~/DA/da_lab3/gcov# lcov -t "da_lab2" -o da_lab2.info -c -d
.
Capturing coverage data from .
Found gcov version: 9.4.0
Using intermediate gcov format
Scanning . for .gcda files ...
Found 1 data files in .
Processing da_lab2.gcda
Finished .info-file creation
```

```

root@Lunidep:~/DA/da_lab3/gcov# genhtml -o report da_lab2.info
Reading data file da_lab2.info
Found 13 entries.
Found common filename prefix "/usr/include/c++/9"
Writing .css and .png files.
Generating output.
Processing file /root/DA/da_lab3/gcov/da_lab2.cpp
Processing file bits/ios_base.h
Processing file bits/basic_string.h
Processing file bits/basic_string.tcc
Processing file bits/stl_iterator_base_types.h
Processing file bits/char_traits.h
Processing file bits/move.h
Processing file bits/stl_allobase.h
Processing file bits/stl_iterator_base_funcs.h
Processing file bits/alloc_traits.h
Processing file ext/alloc_traits.h
Processing file ext/type_traits.h
Processing file ext/new_allocator.h
Writing directory view page.
Overall coverage rate:
lines.....: 58.7% (162 of 276 lines)
functions...: 58.8% (30 of 51 functions)

```

Overall coverage состоит из проверки покрытия не только моей программы, но и задействованных библиотек, чем несколько портит общую картину.

LCOV - code coverage report

Current view: top level Test: da_lab2.info Date: 2022-05-21 21:30:28	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">Hit</th> <th style="text-align: center;">Total</th> <th style="text-align: center;">Co</th> </tr> <tr> <td>Lines:</td> <td style="text-align: center;">162</td> <td style="text-align: center;">276</td> <td style="background-color: red;"></td> </tr> <tr> <td>Functions:</td> <td style="text-align: center;">30</td> <td style="text-align: center;">51</td> <td style="background-color: red;"></td> </tr> </table>		Hit	Total	Co	Lines:	162	276		Functions:	30	51	
	Hit	Total	Co										
Lines:	162	276											
Functions:	30	51											

Directory	Line Coverage ↕	Functions ↕
/root/DA/da_lab3/gcov	<div style="width: 66.4%;"></div> 66.4 % 148 / 223	<div style="width: 76.7%;"></div> 76.7 % 23 / 30
bits	<div style="width: 30.4%;"></div> 30.4 % 14 / 46	<div style="width: 43.8%;"></div> 43.8 % 7 / 16
ext	<div style="width: 0.0%;"></div> 0.0 % 0 / 7	<div style="width: 0.0%;"></div> 0.0 % 0 / 5

Generated by: [LCOV version 1.14](#)

Если детальнее посмотреть конкретно покрытия моей программы, то результат бу-

дет несколько лучше, однако до 100% покрытия далеко.

LCOV - code coverage report

Current view: [top level](#) - /root/DA/da_lab3/gcov

Test: da_lab2.info

Date: 2022-05-21 21:30:28

	Hit	Total	Coverage
Lines:	148	223	66.4 %
Functions:	23	30	76.7 %

Filename	Line Coverage	Functions
da_lab2.cpp	 66.4 % 148 / 223	76.7 % 23 / 30

Generated by: [LCOV version 1.14](#)

Детальный анализ дает понять, что в следствии выбора именно такого теста в программе не используются участки кода с тремя из четырех видов поворота и участки с удалением элементов из деорева.

3 Выводы

Выполнив вторую лабораторную работу по курсу «Дискретный анализ», мною были изучены различные виды средств поиска утечек памяти и профилирования, крайне полезных для всесторонней отладки программы.

С помощью рассмотренных средств можно не только проверить утечки в программе, понять, в какой части кода их искать(valgrind), найти наиболее подходящую функцию для оптимизации(gprof), выяснить покрытие программы(gcov).

Список литературы

- [1] Томас Х. Кормен, Чарльз И. Лейзерсон, Рональд Л. Ривест, Клиффорд Штайн. *Алгоритмы: построение и анализ, 2-е издание.* — Издательский дом «Вильямс», 2007. Перевод с английского: И. В. Красиков, Н. А. Орехова, В. Н. Романов. — 1296 с. (ISBN 5-8459-0857-4 (рус.))