**Московский Авиационный Институт**

**(Национальный исследовательский Университет)**

Факультет: «Информационные технологии и прикладная математика»

Кафедра: 806 «Вычислительная математика и программирование»

**Лабораторная работа № 5**

**по курсу «Операционные системы»**

|  |  |
| --- | --- |
| Студент: | Обыденкова Ю. Ю. |
| Группа: | М8О-208Б-18 |
| Вариант: | 25 |
| Преподаватель: | Миронов Е.С. |
| Оценка: |  |
| Дата: |  |

Москва, 2020

1. **Постановка задачи**

Структура данных, с которой должна обеспечивать работу библиотека:

4. Работа с бинарным деревом поиска.

## Тип данных, используемый структурой:

4. Md5 суммы.

Операционная система: Unix.

## Цель работы

Приобретение практических навыков в:

* Создание динамических библиотек
* Создание программ, которые используют функции динамических библиотек

## **Задание**

Требуется создать динамическую библиотеку, которая реализует определенный функционал. Далее использовать данную библиотеку 2-мя способами:

1. Во время компиляции (на этапе «линковки»/linking)
2. Во время исполнения программы, подгрузив библиотеку в память с помощью системных вызовов

В конечном итоге, программа должна состоять из следующих частей:

* Динамическая библиотека, реализующая заданных вариантом интерфейс;
* Тестовая программа, которая используют библиотеку, используя знания полученные на этапе компиляции;
* Тестовая программа, которая использует библиотеку, используя только местоположение динамической библиотеки и ее интерфейс.

Провести анализ между обоими типами использования библиотеки.

1. **Решение задачи**

Реализованная стандартная библиотека для бинарного дерева поиска с функциями: создание и удаление дерева, вставка в дерево, удаление из дерева, поиск в дереве, проверка дерева на пустоту, а также печать дерева.

В первом случае линкования во время компиляции указываем путь до библиотеки и ее название с стандартным использованием функций. А во втором случае, рантайм линковки нужно явно открывать библиотеку с помощью утилиты dlopen(), а затем присваивать указателям на функции результат утилиты dsym(), который функции по имени в библиотеке.

Используемые системные вызовы:

* **void exit(int status) —** функция выхода из процесса с заданным статусом.
* **void \*dlopen(const char \*filename, int flag) -** открывает файл по пути *filename* если NULL, то по умолчанию открывается main) со свойствами flag. Если библиотека имеет зависимости, то они также подключаются с теми же свойствами. В случае ошибки возвращает NULL. *Flag* обязательно должен иметь либо RTLD LAZY, либо RTLD NOW, которые отвечают за загрузку библиотеки.
* **char \*dlerror(void) -** возвращает строку, которая описывает ошибку. Если ошибки не было, то возвращает NULL.
* **void \*dlsym(void \*handle, const char \*symbol)** – поиск функции в дереве, подключенных через dlopen() библиотек строку symbol, если подходит, то возвращает void\* участок памяти, связанный с функцией. В случае ошибки возвращает NULL, однако может вернуть NULL и в случае успеха, поэтому обязательна проверка с помощью dlerror(), которая в свою очередь устанавливает ошибку.
* int dlclose(void \*handle) – уменьшает количество ссылок на подключенную динамическую библиотеку, если он становится равным 0, то бибилиотека отсоединяется. При успешном выполнении возвращает 0.

**Тесты программы:**

julia@julia21:~/Рабочий стол/2 курс/ос/lab5/src/25 в$ export LD\_LIBRARY\_PATH=$(pwd)

julia@julia21:~/Рабочий стол/2 курс/ос/lab5/src/25 в$ echo $LD\_LIBRARY\_PATH

/home/julia/Рабочий стол/2 курс/ос/lab5/src/25 в

julia@julia21:~/Рабочий стол/2 курс/ос/lab5/src/25 в$ make

gcc -std=c99 -pthread -w -pipe -O2 -Wextra -Werror -Wall -Wno-sign-compare -pedantic -lm -o run-static mainStat.o -L. -lbtree -Wl,-rpath,.

gcc -std=c99 -pthread -w -pipe -O2 -Wextra -Werror -Wall -Wno-sign-compare -pedantic -lm -o run-dynamic mainDyn.o -ldl

julia@julia21:~/Рабочий стол/2 курс/ос/lab5/src/25 в$ ./run-static

This is compile-time linking

Choose an operation:

Press 1 to Add key

Press 2 to Remove key

Press 3 to Find key

Press 4 to Print tree

Press 0 to Exit

1

Enter key: r

Error: insert correct MD5

74c557c8ba571c8e518f9593e9c8e9cb

1

This is compile-time linking

Choose an operation:

Press 1 to Add key

Press 2 to Remove key

Press 3 to Find key

Press 4 to Print tree

Press 0 to Exit

Enter key: 4

Error: insert correct MD5

74c557c8ba571c8e518f9593e9c8e9cb

4

This is compile-time linking

Choose an operation:

Press 1 to Add key

Press 2 to Remove key

Press 3 to Find key

Press 4 to Print tree

Press 0 to Exit

74c557c8ba571c8e518f9593e9c8e9cb

74c557c8ba571c8e518f9593e9c8e9cb

This is compile-time linking

Choose an operation:

Press 1 to Add key

Press 2 to Remove key

Press 3 to Find key

Press 4 to Print tree

Press 0 to Exit

4

74c557c8ba571c8e518f9593e9c8e9cb

74c557c8ba571c8e518f9593e9c8e9cb

This is compile-time linking

Choose an operation:

Press 1 to Add key

Press 2 to Remove key

Press 3 to Find key

Press 4 to Print tree

Press 0 to Exit

4

74c557c8ba571c8e518f9593e9c8e9cb

74c557c8ba571c8e518f9593e9c8e9cb

This is compile-time linking

Choose an operation:

Press 1 to Add key

Press 2 to Remove key

Press 3 to Find key

Press 4 to Print tree

Press 0 to Exit

1

Enter key: 2db95e8e1a9267b7a1188556b2013b33

This is compile-time linking

Choose an operation:

Press 1 to Add key

Press 2 to Remove key

Press 3 to Find key

Press 4 to Print tree

Press 0 to Exit

4

2db95e8e1a9267b7a1188556b2013b33

74c557c8ba571c8e518f9593e9c8e9cb

74c557c8ba571c8e518f9593e9c8e9cb

This is compile-time linking

Choose an operation:

Press 1 to Add key

Press 2 to Remove key

Press 3 to Find key

Press 4 to Print tree

Press 0 to Exit

1

Enter key: 3d3d7232bca83b8c711deacf7d5f19f5

This is compile-time linking

Choose an operation:

Press 1 to Add key

Press 2 to Remove key

Press 3 to Find key

Press 4 to Print tree

Press 0 to Exit

4

2db95e8e1a9267b7a1188556b2013b33

3d3d7232bca83b8c711deacf7d5f19f5

74c557c8ba571c8e518f9593e9c8e9cb

74c557c8ba571c8e518f9593e9c8e9cb

This is compile-time linking

Choose an operation:

Press 1 to Add key

Press 2 to Remove key

Press 3 to Find key

Press 4 to Print tree

Press 0 to Exit

2

Enter key: 74c557c8ba571c8e518f9593e9c8e9cb

This is compile-time linking

Choose an operation:

Press 1 to Add key

Press 2 to Remove key

Press 3 to Find key

Press 4 to Print tree

Press 0 to Exit

4

2db95e8e1a9267b7a1188556b2013b33

3d3d7232bca83b8c711deacf7d5f19f5

74c557c8ba571c8e518f9593e9c8e9cb

This is compile-time linking

Choose an operation:

Press 1 to Add key

Press 2 to Remove key

Press 3 to Find key

Press 4 to Print tree

Press 0 to Exit

0

julia@julia21:~/Рабочий стол/2 курс/ос/lab5/src/25 в$

julia@julia21:~/Рабочий стол/2 курс/ос/lab5/src/25 в$ ./run-dynamic

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

This is runtime linking

Choose an operation:

>> Press 1 to Add key

>> Press 2 to Remove key

>> Press 3 to Find key

>> Press 4 to Print tree

>> Press 0 to Exit

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1

Enter key: 3d3d7232bca83b8c711deacf7d5f19f5

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

This is runtime linking

Choose an operation:

>> Press 1 to Add key

>> Press 2 to Remove key

>> Press 3 to Find key

>> Press 4 to Print tree

>> Press 0 to Exit

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

4

3d3d7232bca83b8c711deacf7d5f19f5

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

This is runtime linking

Choose an operation:

>> Press 1 to Add key

>> Press 2 to Remove key

>> Press 3 to Find key

>> Press 4 to Print tree

>> Press 0 to Exit

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1

Enter key: 74c557c8ba571c8e518f9593e9c8e9cb

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

This is runtime linking

Choose an operation:

>> Press 1 to Add key

>> Press 2 to Remove key

>> Press 3 to Find key

>> Press 4 to Print tree

>> Press 0 to Exit

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

4

3d3d7232bca83b8c711deacf7d5f19f5

74c557c8ba571c8e518f9593e9c8e9cb

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

This is runtime linking

Choose an operation:

>> Press 1 to Add key

>> Press 2 to Remove key

>> Press 3 to Find key

>> Press 4 to Print tree

>> Press 0 to Exit

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1

Enter key: 2db95e8e1a9267b7a1188556b2013b33

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

This is runtime linking

Choose an operation:

>> Press 1 to Add key

>> Press 2 to Remove key

>> Press 3 to Find key

>> Press 4 to Print tree

>> Press 0 to Exit

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

4

2db95e8e1a9267b7a1188556b2013b33

3d3d7232bca83b8c711deacf7d5f19f5

74c557c8ba571c8e518f9593e9c8e9cb

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

This is runtime linking

Choose an operation:

>> Press 1 to Add key

>> Press 2 to Remove key

>> Press 3 to Find key

>> Press 4 to Print tree

>> Press 0 to Exit

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

0

julia@julia21:~/Рабочий стол/2 курс/ос/lab5/src/25 в$

1. **Руководство по использованию программы**

Компиляция и запуск программного кода в *Ubuntu* :

export LD\_LIBRARY\_PATH=$(pwd)

*make* clean

make

*./run-static*

*./run-dynamic*

1. **Листинг программы**

#ifndef \_BTREE\_H\_

#define \_BTREE\_H\_

#define SUCCESS 0

#define FAILURE 1

#define MD5 32

#include <stdio.h>

#include <stdlib.h>

#include <inttypes.h>

#include <stdbool.h>

#include <string.h>

typedef char ElemType;

typedef struct btree {

struct btree \*left;

struct btree \*right;

ElemType key [MD5 + 1];

} \*BTREE;

extern void TreeInsert(BTREE \*root, ElemType\* newKey);

extern BTREE TreeFind(BTREE root, ElemType\* key);

extern BTREE TreeRemove(BTREE root, ElemType\* key);

extern void TreePrint(BTREE root);

extern void TreeDestroy(BTREE root);

extern bool TreeIsEmpty(BTREE root);

#endif /\* \_BTREE\_H \*/

#include "btree.h"

void TreeInsert(BTREE \*root, ElemType\* newKey)

{

if (!(\*root)) {

BTREE newNode = (BTREE) malloc(sizeof(\*newNode));

if (!newNode) {

printf("Error: no memory\n");

exit(FAILURE);

}

newNode->left = newNode->right = NULL;

strcpy(newNode->key, newKey);

\*root = newNode;

return;

}

if (strcmp(newKey, (\*root)->key) <= 0) {

TreeInsert(&(\*root)->left, newKey);

} else {

TreeInsert(&(\*root)->right, newKey);

}

}

BTREE TreeFind(BTREE root, ElemType\* key)

{

if (!root) {

return root;

}

if (strcmp(key, root->key) < 0) {

return TreeFind(root->left, key);

} else if (strcmp(key, root->key) > 0) {

return TreeFind(root->right, key);

} else {

return root;

}

}

BTREE minValueNode(BTREE root)

{

BTREE cur = root;

while (cur->left)

cur = cur->left;

return cur;

}

BTREE TreeRemove(BTREE root, ElemType\* key)

{

if (!root)

return root;

if (strcmp(key, root->key) < 0) {

root->left = TreeRemove(root->left, key);

} else if (strcmp(key, root->key) > 0) {

root->right = TreeRemove(root->right, key);

} else {

if (!root->left) {

BTREE tmp = root->right;

free(root);

root = NULL;

return tmp;

} else if (!root->right) {

BTREE tmp = root->left;

free(root);

root = NULL;

return tmp;

}

BTREE tmp = minValueNode(root->right);

strcpy(root->key, tmp->key);

root->right = TreeRemove(root->right, tmp->key);

}

return root;

}

void TreeNodePrint(BTREE node, int idx)

{

if (node) {

TreeNodePrint(node->left, idx + 1);

for (int j = 0; j < idx; ++j)

putchar('\t');

printf("%s\n", node->key);

TreeNodePrint(node->right, idx + 1);

}

}

void TreePrint(BTREE root)

{

if (root) {

TreeNodePrint(root, 0);

} else {

printf("Tree is empty\n");

}

}

void TreeDestroy(BTREE root)

{

if (root) {

TreeDestroy(root->right);

TreeDestroy(root->left);

}

free(root);

root = NULL;

}

bool TreeIsEmpty(BTREE root)

{

return !root;

}

#include <stdio.h>

#include <stdlib.h>

#include "btree.h"

void help()

{

printf("\n\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\n");

printf("This is compile-time linking\n\n");

printf("Choose an operation:\n");

printf(">> Press 1 to Add key\n");

printf(">> Press 2 to Remove key\n");

printf(">> Press 3 to Find key\n");

printf(">> Press 4 to Print tree\n");

printf(">> Press 0 to Exit\n");

printf("\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\n");

}

int main(void)

{

int act = 0;

ElemType key [MD5 + 1] = "";

BTREE tree = NULL;

help();

while (scanf("%d", &act) && act) {

switch(act) {

case 1:

printf("Enter key: ");

scanf("%s", &key);

while( (strlen(key) != 32)) {

printf("Error: insert correct MD5\n");

scanf("%s\n", &key);

}

TreeInsert(&tree, key);

break;

case 2:

if(TreeIsEmpty(tree))

printf("Tree is empty\n");

else {

printf("Enter key: ");

scanf("%s", &key);

while( (strlen(key) != 32)) {

printf("Error: insert correct MD5\n");

scanf("%s\n", &key);

}

if (TreeFind(tree, key)) {

tree = TreeRemove(tree, key);

} else {

printf("This key doesn't exist\n");

}

}

break;

case 3:

if(TreeIsEmpty(tree))

printf("Tree is empty\n");

else {

printf("Enter key: ");

scanf("%s", &key);

while( (strlen(key) != 32)) {

printf("Error: insert correct MD5\n");

scanf("%s\n", &key);

}

if (TreeFind(tree, key)) {

printf("Key found\n");

} else {

printf("Key not found\n");

}

}

break;

case 4:

if (tree) {

printf("\n");

TreePrint(tree);

printf("\n");

} else {

printf("Tree is empty\n");

}

break;

default:

printf("Incorrect command\n");

break;

}

help();

}

TreeDestroy(tree);

return SUCCESS;

}

#include <stdio.h>

#include <stdlib.h>

#include <dlfcn.h>

#include "btree.h"

void help()

{

printf("\n\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\n");

printf("This is runtime linking\n\n");

printf("Choose an operation:\n");

printf(">> Press 1 to Add key\n");

printf(">> Press 2 to Remove key\n");

printf(">> Press 3 to Find key\n");

printf(">> Press 4 to Print tree\n");

printf(">> Press 0 to Exit\n");

printf("\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\n");

}

int main(void)

{

void (\*TreeInsert)(BTREE \*root, ElemType\* newKey);

BTREE (\*TreeFind)(BTREE root, ElemType\* key);

BTREE (\*TreeRemove)(BTREE root, ElemType\* key);

void (\*TreePrint)(BTREE root);

void (\*TreeDestroy)(BTREE root);

char \*err;

void \*libHandle;

libHandle = dlopen("libbtree.so", RTLD\_LAZY);

if (!libHandle) {

fprintf(stderr, "%s\n", dlerror());

exit(FAILURE);

}

TreeInsert = dlsym(libHandle, "TreeInsert");

TreeRemove = dlsym(libHandle, "TreeRemove");

TreeFind = dlsym(libHandle, "TreeFind");

TreePrint = dlsym(libHandle, "TreePrint");

TreeDestroy = dlsym(libHandle, "TreeDestroy");

if(err = dlerror()) {

fprintf(stderr, "%s\n", err);

exit(FAILURE);

}

int act = 0;

ElemType key [MD5 + 1] = "";

BTREE tree = NULL;

help();

while (scanf("%d", &act) && act) {

switch(act) {

case 1:

printf("Enter key: ");

scanf("%s", &key);

while( (strlen(key) != 32)) {

printf("Error: insert correct MD5\n");

scanf("%s\n", &key);

}

(\*TreeInsert)(&tree, key);

break;

case 2:

printf("Enter key: ");

scanf("%s", &key);

while( (strlen(key) != 32)) {

printf("Error: insert correct MD5\n");

scanf("%s\n", &key);

}

if ((\*TreeFind)(tree, key)) {

tree = (\*TreeRemove)(tree, key);

} else {

printf("This key doesn't exist\n");

}

break;

case 3:

printf("Enter key: ");

while( (strlen(key) != 32)) {

printf("Error: insert correct MD5\n");

scanf("%s\n", &key);

}

scanf("%s", &key);

if ((\*TreeFind)(tree, key)) {

printf("Key found\n");

} else {

printf("Key not found\n");

}

break;

case 4:

if (tree) {

printf("\n");

(\*TreePrint)(tree);

printf("\n");

} else {

printf("Tree is empty\n");

}

break;

default:

printf("Error: incorrect command\n");

break;

}

help();

}

(\*TreeDestroy)(tree);

dlclose(libHandle);

return SUCCESS;

}

CC = gcc

FLAGS = -std=c99 -pthread -w -pipe -O2 -Wextra -Werror -Wall -Wno-sign-compare -pedantic -lm

all: run

run: libbtree.so mainStat.o mainDyn.o

$(CC) $(FLAGS) -o run-stat mainStat.o -L. -lbtree -Wl,-rpath,.

$(CC) $(FLAGS) -o run-dyn mainDyn.o -ldl

mainStat.o: mainStat.c

$(CC) -c $(FLAGS) mainStat.c

mainDyn.o: mainDyn.c

$(CC) -c $(FLAGS) mainDyn.c

btree.o: btree.c

$(CC) -c -fPIC $(FLAGS) btree.c

libbtree.so: btree.o

$(CC) $(FLAGS) -shared -o libbtree.so btree.o

clean:

rm -f \*.o run-stat run-dyn \*.o

1. **Вывод**

Статическое линкование удобно тем, что собирает программу и рантайм в один файл. После запуска программы, реализация используемых функций ищется в сборке, таким образом гарантируется переносимость программы. Как результат — сборка увеличивается в размере. При динамическом линковании мы получаем сборку без сторонних библиотек. Ее размер, определенно, меньше, однако мы должны быть уверены, что на машине клиента присутствовать библиотека, используемая в программе, и ее версия совпадает с той, что была использована при сборке. У обоих способов есть свои плюсы и свои минусы, выбор зависит лишь от требуемого результата.