Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Факультет інформатики і обчислювальної техніки

Кафедра обчислювальної техніки

**Лабораторна робота №1**

**з курсу: «Системне програмування»**

*Виконав:*

студент групи ІС-72

Шемчук В.А.

*Перевірив:*

Сімоненко А.В.

Київ, 2020 р.

**Тема**: Аллокатор пам’яті загального призначення (частина 1).

**Мета**: розробити аллокатор загального призначення.

**Опис розробленого алгоритму**:

1. Виділення пам’яті через створення масиву:

int \*mas = new int[n+1];

Масив типу int, щоб спростити вирівнювання блоків на границю в 4 байти.

Кожен блок виділеної пам’яті містить заголовок:

struct BlockHeader{

bool state; //1 - used, 0 - unused

size\_t size;

size\_t prevsize;

};

Заголовок займає 12 байт.

Під час ініціалізації виділяється 1 вільний блок, який займає всю доступну пам’ять масиву.

1. Виділення пам’яті заданого розміру mem\_alloc(size\_t size):

Вибирається перший знайдений підходящий блок, тобто такий, розмір якого не менший за size. Якщо розмір більший необхідного, блок розбивається на зайнятий і вільний блоки, і користувачу повертається вказівник на початок зайнятого блоку. Якщо потрібний блок не знайдений, то повертається NULL.

1. Перевиділення пам’яті mem\_realloc(void \*addr, size\_t size).

Якщо addr = NULL, то виконується виклик mem\_alloc(size). Інакше, відбувається перевірка сусідніх блоків. Якщо хоча б один з них вільний, відбувається об’єднання блоків. Далі перевіряється, чи цей новий блок достатнього розміру для перевизначення. Якщо так, то в ньому створюється 2 блоки: зайнятий і вільний. У зайнятий копіюються дані з колишнього блоку користувача. Якщо ж ні – йде пошук нового вільного блоку і, якщо він знайдений, виділяється блок для користувача і копіюються данні. Інакше – повертається NULL, а данні користувача не змінюютсья.

1. Звільнення пам’яті mem\_free(void \*addr). Помічаємо блок як вільний і об’єднуємо даний блок с сусідніми вільними блоками (максимум – 2).

**Оцінка часу пошуку вільного блоку пам’яті**:

O(N), де N – кількість блоків у пам’яті.

**Оцінка часу звільнення занятого блоку**:

O(1).

**Оцінка витрати пам'яті для зберігання службовох інформації:**

12 \* N байт, де N – кількість блоків у пам’яті.

**Переваги аллокатора:**

1. Невеликий об’єм службової інформації.
2. Малий час виконання звільнення блоку.
3. Об’єднання сусідніх вільних блоків в один.

**Недоліки аллокатора:**

1. Великий час пошуку нового блоку( лінійна складність)
2. При виділенні блоку можливе надмірне виділення пам’яті у розмірі, меншому за розмір заголовку.

**Лістинг:**

**Allocator.h**

#pragma once

struct BlockHeader{

bool state; //1 - used, 0 - unused

size\_t size;

size\_t prevsize;

};

class Allocator {

public:

Allocator(const int n);

//return addr on begin of allocated block or NULL

void\* mem\_alloc(size\_t size);

//return addr on begin of reallocated block or NULL

void\* mem\_realloc(void \*addr, size\_t size);

//free block by this address

void mem\_free(void \*addr);

//out blocks characteristic in table on console

void mem\_dump();

private:

size\_t bSize; //struct BlockHeader size in int

int N; // length all memory in int

BlockHeader\* begin; //first block

int\* endOfMemory; //last int in memory

//all blocks must be fill the same number

bool checkDamage(int filler);

//return next BH or NULL if it block is last

BlockHeader \*nextBlockHeader(BlockHeader\* current);

//return previous BH or NULL if it block is first

BlockHeader \*previousBlockHeader(BlockHeader\* current);

//check if endOfMemory belongs to this block

bool isLast(BlockHeader\* h);

//next 4 functions merge 2 or 3 free blocks

void mergeWithNext(BlockHeader\* current, BlockHeader\* next);

void mergeWithPrevious(BlockHeader\* previous, BlockHeader\* current);

void mergeWithPrevious(BlockHeader\* previous, BlockHeader\* current, BlockHeader\* next);

void mergeBoth(BlockHeader\* previous, BlockHeader\* current, BlockHeader\* next);

//copy data in new block (all or part = length of new block)

void copyData(void\* from, void\* to, size\_t quantity);

//return link on finded free block or NULL

void\* searchNewBlock(void\* addr, size\_t size);

//next founctions merde 2 or 3 blocks (one is use), then separate them on use and free and copy data to new use

void\* expandLeft(void\*addr, size\_t size);

void\* expandRight(void\*addr, size\_t size);

void\* expandBoth(void\*addr, size\_t size);

//set fields of BH selected by mask

void initBlockHeader(BlockHeader\* bh, bool state, size\_t previous, size\_t size, int mask);//mask 7 (binary: 111) - all

//size - length of new use block

void\* separateOnUseAndFree(BlockHeader\* current, size\_t size);

//return begin of memory block for user (after BH)

void\* getBlock(BlockHeader\* h);

};

**Allocator.cpp**

#include <Windows.h>

#include <iostream>

#include "Allocator.h"

using namespace std;

Allocator::Allocator(const int n){

int \*mas = new int[n+1];

N = n;

bSize = sizeof(BlockHeader)/sizeof(int);

begin = (BlockHeader\*)(&mas[0]);

begin->prevsize = NULL;

begin->size = &mas[n] - &mas[0] - bSize;

begin->state = false;

endOfMemory = &mas[n];

}

void\* Allocator::mem\_alloc(size\_t size){

BlockHeader\* current = begin;

while(current->size < size || current->state){

if(isLast(current))

return NULL;

current = nextBlockHeader(current);

}

if((current->size == size) || ((current->size - size) < bSize)){

current->state = 1;

return getBlock(current);

} else {

return separateOnUseAndFree(current, size);

}

}

void\* Allocator::mem\_realloc(void\* addr, size\_t size){

if(addr == NULL){

return mem\_alloc(size);

}

BlockHeader\* current = (BlockHeader\*)addr - 1;

size\_t deltaSize = current->size - size; // size\_t - unsigned int!!! fix it!

if(deltaSize == 0)

return addr;

BlockHeader\* previous = previousBlockHeader(current);

BlockHeader\* next = nextBlockHeader(current);

if(previous == NULL)

if(next == NULL){

//prev=NULL, next=NULL

return searchNewBlock(addr, size);

}

else

if(next->state)

//prev=NULL, next=1

return searchNewBlock(addr, size);

else

//prev=NULL, next=0

return expandRight(addr, size); //check later - fixed

else

if(previous->state)

if(next == NULL)

//prev=1, next=NULL

return searchNewBlock(addr, size);

else

if(next->state)

//prev=1, next=1

return searchNewBlock(addr, size);

else

//prev=1, next=0

return expandRight(addr, size);

else

if(next == NULL)

//prev=0, next=NULL

return expandLeft(addr, size);

else

if(next->state)

//prev=0, next=1

return expandLeft(addr, size);

else

//prev=0, next=0

return expandBoth(addr, size);

return NULL;

}

void Allocator::mem\_free(void\* addr){

BlockHeader\* current = (BlockHeader\*)addr - 1;

BlockHeader\* next = nextBlockHeader(current);

BlockHeader\* previous = previousBlockHeader(current);

if(previous == NULL)

if(next == NULL)

//prev=NULL, next=NULL

current->state = false;

else

if(next->state)

//prev=NULL, next=1

current->state = false;

else

//prev=NULL, next=0

mergeWithNext(current, next);

else

if(previous->state)

if(next == NULL)

//prev=1, next=NULL

current->state = false;

else

if(next->state)

//prev=1, next=1

current->state = false;

else

//prev=1, next=0

mergeWithNext(current, next);

else

if(next == NULL)

//prev=0, next=NULL

mergeWithPrevious(previous, current);

else

if(next->state)

//prev=0, next=1

mergeWithPrevious(previous, current, next);

else

//prev=0, next=0

mergeBoth(previous, current, next);

}

BlockHeader\* Allocator::nextBlockHeader(BlockHeader\* current){

if(isLast(current))

return NULL;

return (BlockHeader\*)((int\*)((char\*)current + sizeof(BlockHeader))+current->size);

}

BlockHeader\* Allocator::previousBlockHeader(BlockHeader\* current){

if(current->prevsize == NULL)

return NULL;

return (BlockHeader\*)((int\*)((char\*)current - sizeof(BlockHeader)) - current->prevsize);

}

bool Allocator::isLast(BlockHeader\* h){

if(((int\*)((char\*)h + sizeof(BlockHeader))+h->size) == endOfMemory)

return true;

else

return false;

}

void Allocator::mergeWithNext(BlockHeader\* current, BlockHeader\* next){

current->size += next->size + sizeof(BlockHeader)/sizeof(int);

current->state = false;

BlockHeader\* next2 = nextBlockHeader(next);

if(next2 != NULL)

next2->prevsize = current->size;

}

void Allocator::mergeWithPrevious(BlockHeader\* previous, BlockHeader\* current){

previous->size += current->size + sizeof(BlockHeader)/sizeof(int);

}

void Allocator::mergeWithPrevious(BlockHeader\* previous, BlockHeader\* current, BlockHeader\* next){

previous->size += current->size + sizeof(BlockHeader)/sizeof(int);

next->prevsize = previous->size;

}

void Allocator::mergeBoth(BlockHeader\* previous, BlockHeader\* current, BlockHeader\* next){

previous->size += current->size + next->size + 2\*sizeof(BlockHeader)/sizeof(int);

BlockHeader\* next2 = nextBlockHeader(next);

if(next2 != NULL)

next2->prevsize = previous->size;

}

void Allocator::copyData(void\* from, void\* to, size\_t quantity){

int\* f = (int\*)from;

int\* t = (int\*)to;

for(unsigned int i=0; i<quantity; i++)

t[i] = f[i];

}

void\* Allocator::searchNewBlock(void\* addr, size\_t size){

BlockHeader\* current = (BlockHeader\*)addr - 1;

size\_t deltaSize = current->size - size;

if((deltaSize > 0) && (deltaSize < 3)){

return addr;

}

if(deltaSize > 0){

return separateOnUseAndFree((BlockHeader\*)addr-1, size);

} else {

void\* nBlock = mem\_alloc(size);

if(nBlock != NULL){

copyData(addr, nBlock, current->size);

mem\_free(addr);

return nBlock;

}

return NULL;

}

}

void\* Allocator::expandLeft(void\*addr, size\_t size){

BlockHeader\* current = (BlockHeader\*)addr - 1;

BlockHeader\* previous = previousBlockHeader(current);

size\_t area = current->size + current->prevsize + sizeof(BlockHeader)/sizeof(int);

size\_t deltaSize = current->size - size;

if(deltaSize > 0){ //minimize

//copy

int\* first = (int\*)addr;

for(int i = size - 1; i >= 0; i--){

first[i+deltaSize] = first[i];

}

//set BlockHeaders

previous->size += deltaSize;

current = nextBlockHeader(previous);

initBlockHeader(current, true, previous->size, size, 7);

BlockHeader\* next = nextBlockHeader(current);

if(next != NULL)

next->prevsize = current->size;

return getBlock(current);

} else { //maximize

if(area >=size)

if((area == size) || ((area - size) < 3)){

//set BH

previous->size = area;

BlockHeader\* next = nextBlockHeader(current);

if(next != NULL)

next->prevsize = previous->size;

previous->state = true;

//copy

copyData(addr, getBlock(previous), current->size);

return getBlock(previous);

}

else{

previous->size = size;

previous->state = true;

copyData(addr, getBlock(previous), current->size);

current = nextBlockHeader(previous);

current->size = area - size - sizeof(BlockHeader)/sizeof(int);

current->state = false;

current->prevsize = previous->size;

BlockHeader\* next = nextBlockHeader(current);

if(next != NULL)

next->prevsize = current->size;

return getBlock(previous);

}

else{

void\* p = mem\_alloc(size);

if(p != NULL){

copyData(addr, p, current->size);

BlockHeader\* next = nextBlockHeader(current);

if( next == NULL)

mergeWithPrevious(previous, current);

else

mergeWithPrevious(previous, current, next);

return p;

}

}

}

return NULL;

}

void\* Allocator::expandRight(void\*addr, size\_t size){

BlockHeader\* current = (BlockHeader\*)addr - 1;

BlockHeader\* next =nextBlockHeader(current);

size\_t area = current->size + next->size + sizeof(BlockHeader)/sizeof(int);

int deltaSize = (int)(current->size) - (int)(size); //TODO: fis expression to int - fixed

if(deltaSize > 0){ //minimize

//set BlockHeaders

current->size = size;

next = nextBlockHeader(current);

initBlockHeader(next, false, current->size, area - size - sizeof(BlockHeader)/sizeof(int), 7);

BlockHeader\* next2 = nextBlockHeader(next);

if(next2 != NULL)

next2->prevsize = next->size;

return getBlock(current);

}

else { //maximize

if(area >=size)

if((area - size) < 3){

//set BH

current->size = area;

next = nextBlockHeader(current);

if(next != NULL)

next->prevsize = current->size;

return getBlock(current);

}

else{

current->size = size;

next = nextBlockHeader(current);

next->size = area - size - sizeof(BlockHeader)/sizeof(int);

next->prevsize = size;

next->state = false;

BlockHeader\* next2 = nextBlockHeader(next);

if(next2 != NULL)

next2->prevsize = next->size;

return getBlock(current);

}

else{

void\* p = mem\_alloc(size);

if(p != NULL){

copyData(addr, p, current->size);

next = nextBlockHeader(current);

mergeWithNext(current, next);

return p;

}

}

}

return NULL;

}

void\* Allocator::expandBoth(void\*addr, size\_t size){

BlockHeader\* current = (BlockHeader\*)addr - 1;

BlockHeader\* previous = previousBlockHeader(current);

BlockHeader\* next =nextBlockHeader(current);

size\_t area = current->size + previous->size + next->size + 2\*sizeof(BlockHeader)/sizeof(int);

int deltaSize = (int)(current->size) - (int)(size); //fix unsigned - fixed

if(deltaSize > 0){ //minimize

mergeBoth(previous, current, next);

//copy

copyData(addr, getBlock(previous), size);

return separateOnUseAndFree(previous, size);

} else { //maximize

if(area >=size)

if((area == size) || ((area - size) < 3)){

//set BH

previous->size = area;

BlockHeader\* next2 = nextBlockHeader(next);

if(next2 != NULL)

next2->prevsize = previous->size;

previous->state = true;

//copy

copyData(addr, getBlock(previous), current->size);

return getBlock(previous);

}

else{

mergeBoth(previous, current, next);

//copy

copyData(addr, getBlock(previous), current->size);

return separateOnUseAndFree(previous, size);

}

else{

void\* p = mem\_alloc(size);

if(p != NULL){

copyData(addr, p, current->size);

mergeBoth(previous, current, next);

return p;

}

}

}

return NULL;

}

void Allocator::initBlockHeader(BlockHeader\* bh, bool state, size\_t previous, size\_t size, int mask){

if(bh == NULL)

return;

if( mask&4){

bh->state = state;

}

if( mask&2){

bh->prevsize = previous;

}

if( mask&1)

bh->size = size;

}

void\* Allocator::separateOnUseAndFree(BlockHeader\* current, size\_t size){

size\_t curSize = current->size;

BlockHeader\* next = nextBlockHeader(current);

if(next == NULL){

initBlockHeader(current, true, NULL, size, 5);

BlockHeader\* next1 = nextBlockHeader(current);

initBlockHeader(next1, false, size, (curSize - size - bSize), 7);

return getBlock(current);

}

else{

initBlockHeader(current, true, NULL, size, 5);

BlockHeader\* next1 = nextBlockHeader(current);

initBlockHeader(next1, false, size, (curSize - size - bSize), 7);

next->prevsize = next1->size;

return getBlock(current);

}

}

void\* Allocator::getBlock(BlockHeader\* h){

return (void\*)(h + 1);

}

bool Allocator::checkDamage(int filler){

BlockHeader\* current = begin;

int count = 0;

while(true){

if(isLast(current))

break;

void\* start = getBlock(current);

for(unsigned int i=0; i < current->size; i++){

if(\*((int\*)start+i) != filler){

count++;

}

}

current = nextBlockHeader(current);

}

if(count){

cout << "damaged: " << endl;

return true;

} else {

return false;

}

}

void Allocator::mem\_dump(){

BlockHeader\* current = begin;

int i = 0;

cout << "--- Out all BlockHeaders:" << endl;

while(current != NULL){

cout << i << ". " << current << " " << current->state << " " << current->size << " " << current->prevsize << endl;

i++;

current = nextBlockHeader(current);

}

cout << "--- --- --- - --- --- ---" << endl;

}

**Runner.cpp**

#include <iostream>

#include "Allocator.h"

using namespace std;

void fillBlock(void\* start, int size, int filler){

for(int i=0; i < size; i++){

\*((int\*)start + 1) = filler;

}

}

void test(){

cout << "test() started! \n";

const int n = 2000;

const int calls = 15;

const int bSize = 50;

Allocator al = Allocator(n);

void\* curBlock;

void\* mas[calls]; // has all user blocks

for(int i=0; i < calls; i++){

curBlock = al.mem\_alloc(bSize);

mas[i] = curBlock;

fillBlock(curBlock, 50, 170); //170(dec) = 1010 1010(bin)

}

cout << "alloc 15 blocks (length = 50) \n";

al.mem\_dump();

cout << "min 3th el to 20\n"; // good

al.mem\_realloc(mas[3], 20);

al.mem\_dump();

cout << "max 3th el to 30\n"; // good

al.mem\_realloc(mas[3], 30);

al.mem\_dump();

cout <<"max 3th el to 49\n";

al.mem\_realloc(mas[3], 49);

al.mem\_dump();

cout << "free 2th and 4th els \n";

al.mem\_free(mas[2]);

al.mem\_free(mas[4]);

al.mem\_dump();

cout << "...and max 3th el to 156 \n";

al.mem\_realloc(mas[3], 156);

al.mem\_dump();

cout << "min 2th el to 53 \n";

al.mem\_realloc(mas[2], 53);

al.mem\_dump();

cout << "test() finished! \n";

}

int main(){

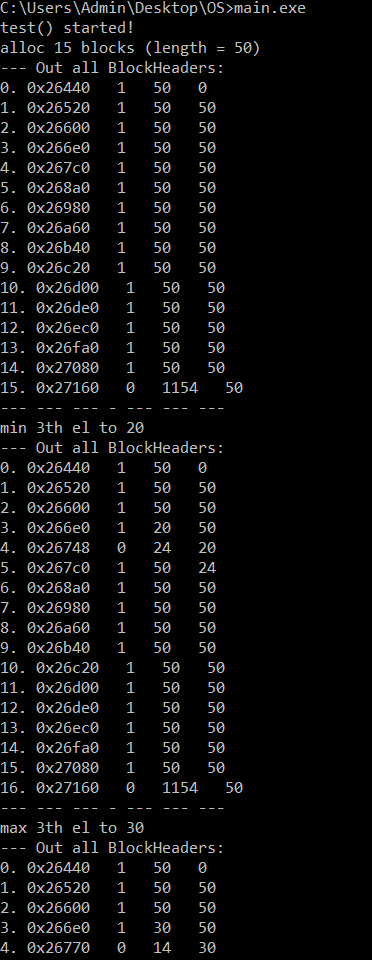
test();

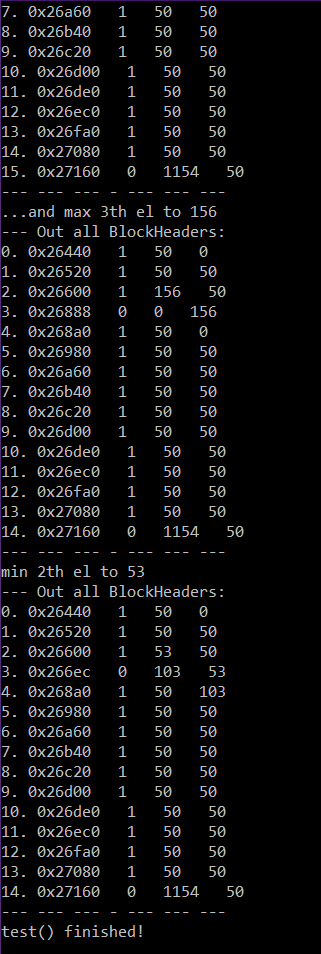
getchar();

return 0;

}

**Результати тестування:**

****

****