

Московский Авиационный Институт
(Национальный Исследовательский Университет)
Факультет информационных технологий и прикладной математики
Кафедра вычислительной математики и программирования

**Курсовой проект по курсу
«Операционные системы»**

Студент: Калинин Иван Николаевич
Группа: М8О-209Б-23
Вариант: 21
Преподаватель: Миронов Евгений Сергеевич
Оценка: _____
Дата: _____
Подпись: _____

Москва, 2024

Содержание

1. Репозиторий
2. Постановка задачи
3. Общие сведения о программе
4. Общий метод и алгоритм решения
5. Исходный код
6. Сборка программы
7. Демонстрация работы программы
8. Выводы

Репозиторий

https://github.com/wistfully/OS_MAI-labs/tree/main/kp

Постановка задачи

Цель работы

Целью работы является:

- Приобретение практических навыков в использовании знаний, полученных в течении курса
- Проведение исследования в выбранной предметной области

Задание

Необходимо спроектировать и реализовать программный прототип в соответствии с выбранным вариантом. Произвести анализ и сделать вывод на основании данных, полученных при работе программного прототипа.

Сравнение алгоритмов аллокаторов памяти.

Вариант №21: Необходимо сравнить два алгоритма аллокации: списки свободных блоков (наиболее подходящее) и алгоритм двойников.

Общие сведения о программе

Данный код реализует два различных подхода к управлению динамической памятью: аллокатор списка свободных блоков (List Allocator) и аллокатор двойников (Buddy Allocator). Оба метода направлены на эффективное использование выделенной области памяти, однако реализуют это разными способами, с разной степенью гибкости, эффективности и сложности.

Общий метод и алгоритм решения

Аллокатор списка свободных блоков (List Allocator)

Аллокатор списка свободных блоков использует структуру данных, представляющую собой связанный список. Каждый элемент этого списка — это блок памяти, который содержит информацию о своем размере, флаге занятости и указатель на следующий блок. Когда требуется выделить память, аллокатор проходит по списку блоков, ищет подходящий свободный блок и выделяет необходимое количество памяти. Если блок слишком большой, он может быть разделен на несколько меньших блоков. Когда память освобождается, блок помечается как свободный, и, если возможно,

происходит слияние с соседними свободными блоками, чтобы избежать фрагментации памяти.

Этот подход прост в реализации и может быть гибким в плане размера выделяемых блоков, но он может страдать от проблем с производительностью, особенно если блоков много и нужно часто искать подходящий свободный блок. Также существует риск фрагментации памяти, особенно при частом выделении и освобождении блоков разного размера.

Аллокатор двойников (Buddy Allocator)

Аллокатор двойников работает немного иначе. Он делит память на блоки фиксированного размера, которые всегда являются степенью двойки (например, 64, 128, 256 и т. д.). Аллокатор поддерживает несколько списков свободных блоков, каждый из которых соответствует определенному размеру блока. Когда требуется выделить блок памяти, аллокатор ищет первый подходящий блок. Если в списке для этого размера нет свободного блока, происходит разделение блока большего размера на два меньших, пока не будет найден блок, подходящий для запроса.

Когда блок освобождается, аллокатор пытается объединить его с соседним блоком того же размера (если он также свободен), чтобы уменьшить фрагментацию памяти. Это объединение происходит по принципу "друзей" — блоки считаются соседними, если они имеют одинаковый размер и находятся друг с другом в памяти.

Аллокатор двойников, благодаря своей структуре, обладает большей эффективностью и минимизирует фрагментацию памяти, однако ограничен только блоками, размерами которых являются степени двойки. Это может быть недостатком в некоторых случаях, когда требуется более гибкое распределение памяти.

Исходный код

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdbool.h>
#include <string.h>
#include <math.h>
#include <time.h>
#include <iostream>
#include <unistd.h>
#include <chrono>
#include <cstdlib>
#include <ctime>

// ----- Список свободных блоков -----

typedef struct Block {
    size_t size;
    bool is_free;
    struct Block* next;
} Block;

typedef struct {
    Block* head;
    void* memory_pool;
} ListAllocator;

ListAllocator* createListAllocator(void* memory, size_t size) {
    ListAllocator* allocator = (ListAllocator*)malloc(sizeof(ListAllocator));
    allocator->memory_pool = memory;
```

```

    allocator->head = (Block*)memory;
    allocator->head->size = size - sizeof(Block);
    allocator->head->is_free = true;
    allocator->head->next = NULL;
    return allocator;
}

void* listAlloc(ListAllocator* allocator, size_t size) {
    Block* current = allocator->head;
    while (current) {
        if (current->is_free && current->size >= size) {
            if (current->size > size + sizeof(Block)) {
                // Разделение блока
                Block* new_block = (Block*)((char*)current + sizeof(Block) + size);
                new_block->size = current->size - size - sizeof(Block);
                new_block->is_free = true;
                new_block->next = current->next;
                current->next = new_block;
            }
            current->is_free = false;
            current->size = size;
            return (char*)current + sizeof(Block);
        }
        current = current->next;
    }
    return NULL; // Нет подходящего блока
}

```

```

void listFree(ListAllocator* allocator, void* ptr) {

```

```

if (!ptr) return;
Block* block = (Block*)((char*)ptr - sizeof(Block));
block->is_free = true;

// Объединение соседних свободных блоков
Block* current = allocator->head;
while (current) {
    if (current->is_free && current->next && current->next->is_free) {
        current->size += sizeof(Block) + current->next->size;
        current->next = current->next->next;
    } else {
        current = current->next;
    }
}

}

void destroyListAllocator(ListAllocator* allocator) {
    allocator->head = NULL; // Блоки в memory_pool автоматически
    освобождаются.
    free(allocator);
}

// ----- АЛГОРИТМ ДВОЙНИКОВ -----

#define DIV_ROUNDUP(A, B) (((A) + (B)-1) / (B))
#define ALIGN_UP(A, B) (DIV_ROUNDUP((A), (B)) * (B))

```

```
typedef struct BuddyBlock {
    size_t blockSize;
    bool isFree;
} BuddyBlock;
```

```
typedef struct BuddyAllocator {
    BuddyBlock *head;
    BuddyBlock *tail;
    void *data;
    size_t totalSize;
    bool expanded;
    bool debug;
} BuddyAllocator;
```

```
BuddyBlock *next(BuddyBlock *block) {
    return (BuddyBlock *)((uint8_t *)block + block->blockSize);
}
```

```
BuddyBlock *split(BuddyBlock *block, size_t size) {
    // Пока размер блока больше нужного, делим его пополам
    while (block->blockSize > size) {
        size_t newSize = block->blockSize >> 1;
        block->blockSize = newSize;
        BuddyBlock *buddy = next(block);
        buddy->blockSize = newSize;
        buddy->isFree = true;
    }
    block->isFree = false;
    return block;
}
```



```
}
```

```
BuddyBlock *findBest(BuddyAllocator *allocator, size_t size) {  
    BuddyBlock *block = allocator->head;  
    BuddyBlock *bestBlock = NULL;  
  
    // Ищем первый блок, который подходит по размеру  
    while (block < allocator->tail) {  
        if (block->isFree && block->blockSize >= size &&  
            (bestBlock == NULL || block->blockSize < bestBlock->blockSize)) {  
            bestBlock = block;  
        }  
        block = next(block);  
    }  
  
    // Если нашли подходящий блок, но его размер больше требуемого,  
    // разделяем его  
    if (bestBlock) {  
        // Если блок слишком велик, разделим его до нужного размера  
        if (bestBlock->blockSize > size) {  
            return split(bestBlock, size);  
        } else {  
            // Если блок идеально подходит, выделяем его  
            bestBlock->isFree = false;  
            return bestBlock;  
        }  
    }  
    return NULL;  
}
```

```

size_t requiredSize(size_t size) {
    size += sizeof(BuddyBlock);
    size = ALIGN_UP(size, sizeof(BuddyBlock));
    size_t actualSize = sizeof(BuddyBlock);
    while (actualSize < size) {
        actualSize <<= 1;
    }
    return actualSize;
}

void coalesce(BuddyAllocator *allocator) {
    BuddyBlock *block = allocator->head;

    // Пробегаем все блоки и сливаем соседние свободные блоки
    while (block < allocator->tail) {
        BuddyBlock *buddy = next(block);
        if (buddy >= allocator->tail) break;

        if (block->isFree && buddy->isFree && block->blockSize == buddy-
        >blockSize) {
            block->blockSize <<= 1;
            continue;
        }
        block = next(block);
    }
}

void expand(BuddyAllocator *allocator, size_t size) {

```

```

size_t currentSize = allocator->head ? allocator->head->blockSize : 0;
size_t requiredSize = size + currentSize;

// Округляем размер до ближайшей степени двойки
size_t newSize = 1;
while (newSize < requiredSize) {
    newSize <<= 1; // Сдвиг влево, чтобы удвоить размер
}

void *newData = realloc(allocator->data, newSize);
if (!newData) {
    fprintf(stderr, "Failed to expand memory.\n");
    exit(EXIT_FAILURE);
}

// Обновляем указатели на новую память
allocator->data = newData;
allocator->head = (BuddyBlock *)allocator->data;
allocator->tail = (BuddyBlock *)((uint8_t *)allocator->data + newSize);

// Настраиваем блок
allocator->head->blockSize = newSize;
allocator->head->isFree = true;

if (allocator->debug) {
    printf("Expanded heap to %zu bytes\n", newSize);
}
}

```

```

BuddyAllocator *createBuddyAllocator(size_t size, bool debug) {
    BuddyAllocator *allocator = (BuddyAllocator
*)malloc(sizeof(BuddyAllocator));
    allocator->data = NULL;
    allocator->head = NULL;
    allocator->tail = NULL;
    allocator->totalSize = 0;
    allocator->expanded = false;
    allocator->debug = debug;

    expand(allocator, size);
    return allocator;
}

```

```

void destroyBuddyAllocator(BuddyAllocator *allocator) {
    if (allocator->data) {
        free(allocator->data);
    }
    free(allocator);
}

```

```

void *buddyMalloc(BuddyAllocator *allocator, size_t size) {
    if (size == 0) return NULL;

    size_t actualSize = requiredSize(size);
    BuddyBlock *block = findBest(allocator, actualSize);

```

```

if (!block) {
    if (allocator->expanded) {
        return NULL;
    }
    allocator->expanded = true;
    expand(allocator, actualSize);
    return buddyMalloc(allocator, size);
}

allocator->expanded = false;
return (void *)((uint8_t *)block + sizeof(BuddyBlock));
}

void buddyFree(BuddyAllocator *allocator, void *ptr) {
    if (!ptr) return;

    BuddyBlock *block = (BuddyBlock *)((uint8_t *)ptr - sizeof(BuddyBlock));
    if ((uint8_t *)block < (uint8_t *)allocator->data ||
        (uint8_t *)block >= (uint8_t *)allocator->tail) {
        //fprintf(stderr, "Invalid pointer passed to buddyFree.\n");
        return;
    }

    block->isFree = true;

    if (allocator->debug) {
        printf("Freed %zu bytes\n", block->blockSize - sizeof(BuddyBlock));
    }
}

```

```

    coalesce(allocator);
}

// ----- Тестирование -----
#define MEMORY_POOL_SIZE 2048*2048*10

void testListAllocator() {
    void* memory_pool = malloc(MEMORY_POOL_SIZE);
    ListAllocator* list_allocator = createListAllocator(memory_pool,
MEMORY_POOL_SIZE);

    const int NUM_ALLOCS = 100000;
    void* blocks[NUM_ALLOCS];

    // Измеряем время выделения памяти
    auto start = std::chrono::high_resolution_clock::now();
    for (int i = 0; i < NUM_ALLOCS/2; ++i) {
        blocks[i] = listAlloc(list_allocator, 25);
        if (blocks[i] == NULL) {
            std::cerr << "Failed to allocate block #" << i << std::endl;
        }
    }
    for (int i = NUM_ALLOCS/2; i < NUM_ALLOCS; ++i) {
        blocks[i] = listAlloc(list_allocator, 367);
        if (blocks[i] == NULL) {
            std::cerr << "Failed to allocate block #" << i << std::endl;
        }
    }
    auto end = std::chrono::high_resolution_clock::now();

```

```

std::chrono::duration<double> alloc_duration = end - start;

std::cout << "ListAllocator: Time for allocations: " << alloc_duration.count() <<
" seconds" << std::endl;

```

```

// Измеряем время освобождения памяти
start = std::chrono::high_resolution_clock::now();
for (int i = 0; i < NUM_ALLOCS; ++i) {
    listFree(list_allocator, blocks[i]);
}
end = std::chrono::high_resolution_clock::now();
std::chrono::duration<double> free_duration = end - start;

std::cout << "ListAllocator: Time for frees: " << free_duration.count() << "
seconds" << std::endl;

```

```

destroyListAllocator(list_allocator);
free(memory_pool);
}

```

```

void testBuddyAllocator() {
    BuddyAllocator *allocator = createBuddyAllocator(MEMORY_POOL_SIZE,
false);

```

```

const int NUM_ALLOCS = 100000;
void* blocks[NUM_ALLOCS];

```

```

// Измеряем время выделения памяти
auto start = std::chrono::high_resolution_clock::now();
for (int i = 0; i < NUM_ALLOCS/2; ++i) {
    blocks[i] = buddyMalloc(allocator, 25);
    if (blocks[i] == NULL) {

```

```

        std::cerr << "Failed to allocate block #" << i << std::endl;
    }
}
for (int i = NUM_ALLOCS/2; i < NUM_ALLOCS; ++i) {
    blocks[i] = buddyMalloc(allocator, 367);
    if (blocks[i] == NULL) {
        std::cerr << "Failed to allocate block #" << i << std::endl;
    }
}
auto end = std::chrono::high_resolution_clock::now();
std::chrono::duration<double> alloc_duration = end - start;
std::cout << "BuddyAllocator: Time for allocations: " << alloc_duration.count()
<< " seconds" << std::endl;

// Измеряем время освобождения памяти
start = std::chrono::high_resolution_clock::now();
for (int i = 0; i < NUM_ALLOCS; ++i) {
    buddyFree(allocator, blocks[i]);
}
end = std::chrono::high_resolution_clock::now();
std::chrono::duration<double> free_duration = end - start;
std::cout << "BuddyAllocator: Time for frees: " << free_duration.count() << "
seconds" << std::endl;

destroyBuddyAllocator(allocator);
}

int main() {
    std::cout << "Starting performance tests...\n";

```



```

// Тестирование ListAllocator
testListAllocator();

// Тестирование BuddyAllocator
testBuddyAllocator();

std::cout << "Performance tests completed." << std::endl;

return 0;
}

```

Демонстрация работы программы

```

rai@rai-laptop:~/cods/os/kp$ valgrind -s ./a.out
==27330== Memcheck, a memory error detector
==27330== Copyright (C) 2002-2017, and GNU GPL'd, by Julian Seward et al.
==27330== Using Valgrind-3.18.1 and LibVEX; rerun with -h for copyright info
==27330== Command: ./a.out
==27330==

Starting performance tests...
ListAllocator: Time for allocations: 81.6395 seconds
ListAllocator: Time for frees: 85.0911 seconds
BuddyAllocator: Time for allocations: 173.03 seconds
BuddyAllocator: Time for frees: 332.167 seconds
Performance tests completed.
==27330==
==27330== HEAP SUMMARY:
==27330==    in use at exit: 0 bytes in 0 blocks
==27330== total heap usage: 6 allocs, 6 frees, 109,125,688 bytes allocated
==27330==
==27330== All heap blocks were freed -- no leaks are possible

```

==27330==

==27330== ERROR SUMMARY: 0 errors from 0 contexts (suppressed: 0 from 0)

Выводы

Оба аллокатора предоставляют решения для динамического выделения и освобождения памяти, но их подходы отличаются. Аллокатор списка свободных блоков является более гибким, но менее эффективным, поскольку требует обхода списка и может приводить к фрагментации. Аллокатор двойников, с другой стороны, предлагает большую эффективность, но ограничен размерами блоков и может приводить к внутренней фрагментации, если размер блока больше, чем требуется.

В ходе тестирования алгоритмов был сделан вывод, что Buddy-аллокатор показывает худшую производительность в задачах, где выполняются простые и массовые операции выделения/освобождения. Его преимущество раскрывается только при частом перераспределении памяти больших размеров, где требуется избегать фрагментации. Для задач с однотипными операциями (например, выделение одинаковых по размеру блоков) List-аллокатор остаётся более эффективным.