федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»

Факультет программной инженерии и компьютерной техники

Лабораторная работа № 1
по дисциплине «Низкоуровневое программирование»

Выполнил:
Студент группы P33302
Русинов Д. С.
Преподаватель:
Кореньков Юрий Дмитриевич

Санкт-Петербург
2023

Содержание

1 Цель

Выданный вариант - 5 (реляционные таблицы, отображение файла)

Целью является создать модуль, реализующий хранение в одном файле данных информации общим объёмом от 10GB в виде реляционных таблиц.

2 Задачи

Для достижения поставленной цели я выделил для себя следующие задачи:

- Реализовать аллокатор для выделения памяти в файле на основе запросов
- На основе аллокатора реализовать базовые операции работы с данными вида реляционных таблиц.
- Для тестирования работоспособности модуля на разных этапах проводить тестирование.
- После завершения работы над модулем провести тестирование производительности различных операций.

3 Описание работы

3.1 Публичный интерфейс взаимодействия с базой данных

Для взаимодействия с модулем пользователю предложен следующий интерфейс:

```c
enum PredicateOperator {
    PO_EQUAL,
    PO_NOT_EQUAL,
    PO_GREATER_THAN,
    PO_LESS_THAN,
};

struct OperationPredicateParameter {
    struct OperationPredicateParameter *next;
    TableColumnSchemaName column_name;
    enum PredicateOperator predicate_operator;
    uint64_t value_size;
    void *value;
};

struct SelectResultIterator
operation_select(char *table_name, struct OperationPredicateParameter *parameters);

struct SelectResultIterator {
    bool has_element;
    bool has_more;
    uint64_t current_element_offset;
    uint64_t table_metadata_offset;
    struct OperationPredicateParameter *parameters;
};

struct TableField *get_by_iterator(struct SelectResultIterator *iterator);

struct SelectResultIterator get_next(struct SelectResultIterator *iterator);

int operation_insert(char *table_name, struct TableField *first_table_field);

int operation_truncate(char *table_name);

int operation_delete(char *table_name, struct OperationPredicateParameter *parameters);

int operation_update(char *table_name,
                     struct OperationPredicateParameter *parameters,
                     struct TableField *first_table_field);
```

```c
int init_db(const char *filename);

int close_db();

int delete_db_file(const char *filename);
```

```c
#define MAX_TABLE_NAME_LENGTH 255
#define MAX_TABLE_COLUMN_NAME_LENGTH 255

typedef char TableSchemaName[MAX_TABLE_NAME_LENGTH];
typedef char TableColumnSchemaName[MAX_TABLE_COLUMN_NAME_LENGTH];

enum TableDatatype {
    TD_INT64,
    TD_FLOAT64,
    TD_STRING,
    TD_BOOL,
};

struct TableField {
    uint64_t size;
    struct TableField *next;
    void *value;
};

void free_table_row(struct TableField *table_field);

void free_table_row_without_values(struct TableField *table_field);

struct TableField *create_table_row(uint64_t first_field_size, void *first_field_value, ...);

struct TableColumn {
    TableColumnSchemaName name;
    enum TableDatatype type;
};
```

```c
int operation_create_table(char *table_name, struct TableColumn *columns, uint64_t columns_count);

int operation_inner_join(char *left_table_name,
                         struct OperationPredicateParameter *left_table_parameters,
                         char *left_table_column_name,
                         char *right_table_name,
                         struct OperationPredicateParameter *right_table_parameters,
                         char *right_table_column_name,
                         char *result_table_name);

int operation_drop_table(char *table_name);
```

3.2 Описание разработанного модуля

Для хранения данных в файле была взята за основу следующая идея:

- Хранить в файле связный список из Элеметов
- Элемент - это набор данных о содержании таблицы (строка таблицы) или набор данных, описывающий схему таблицы и хранящий ее метаданные.
- Помимо двух представленных выше типов, элемент также может быть помечен как удален
- Элементы ссылаются не только на непосредственных соседей по расположению в файле, но и на соседей по типу.

Таким образом, создание таблицы это создание Элемента типа Метадата таблицы. Добавление строки в таблицу это создание Элемента типа Данные таблицы и заполнение соответвующего Элемента-Метаданных таблицы. Остальные

операции сводятся к итерации по Элеметам на основе ссылок на их непосредственных соседей и соседей по типу.

Для выделения памяти в файле была создана отдельная абстракция, аллокатор:

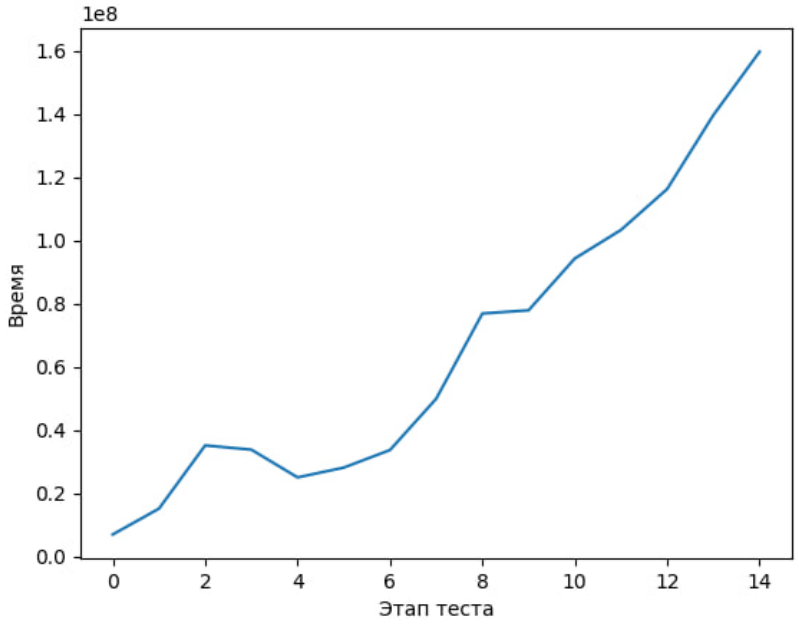
```
int allocate_element(uint64_t requested_element_size, enum ElementType element_type, uint64_t *element_offset);

int delete_element(uint64_t element_offset);
```

Помимо выделения памяти, аллокатор также может и удалять Элементы. Для этого он помечает их как удаленные, а также сливает непосредственных соседей-удаленных элементов, чтобы в последующем переиспользовать эту память эффективно.

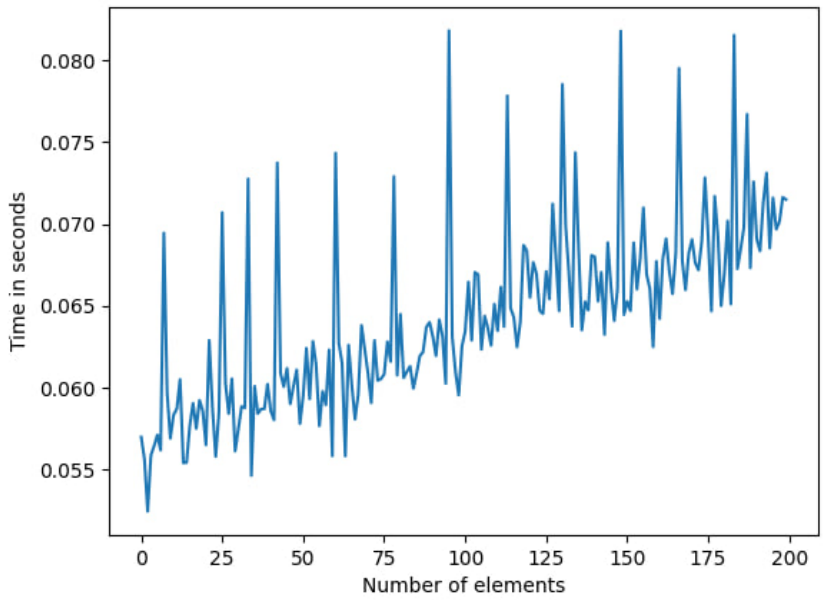
Причем аллокатор поддерживает постоянную сортировку удаленных элементов и из него всега можно достать максимальный удаленный элемент за $O(1)$.

4 Амортизированные показатели ресурсоемкости

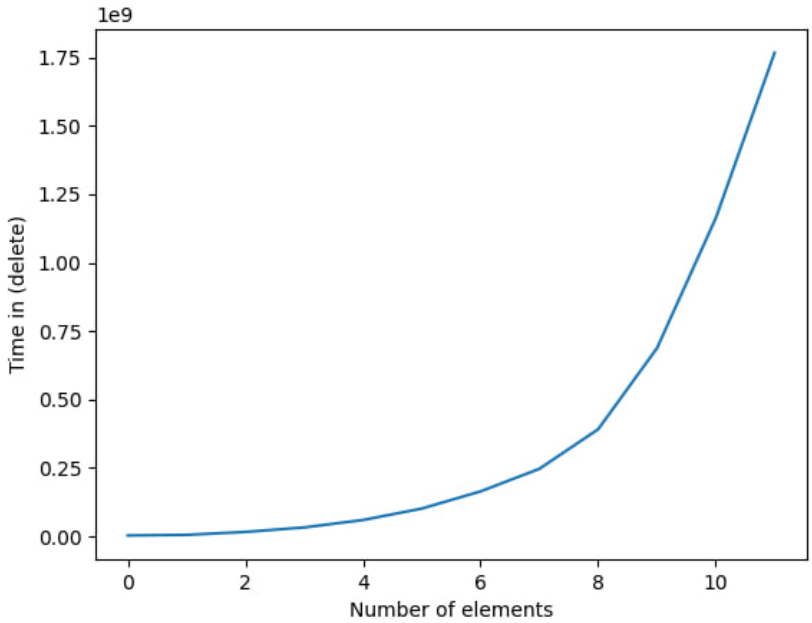
Операция вставки (в тесте n этапе были вставлены $500 * n$ элементов, а после этого удалены $300 * n$, засекались только вставки на каждом этапе).



Операция выборки

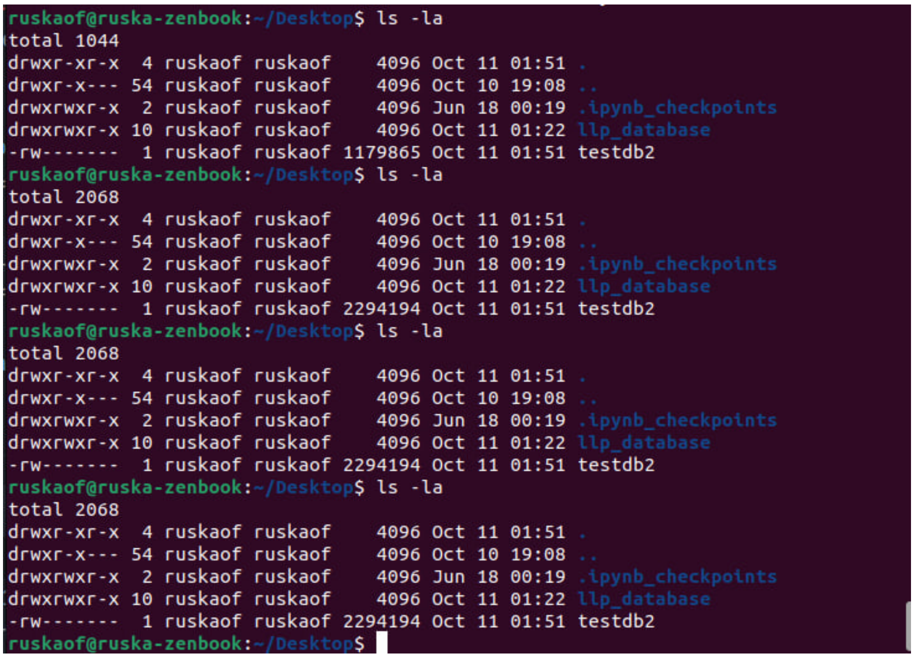


Операция обновления/удаления (в тесте n этапе были вставлены $500 * n$ элементов, а после этого удалены $300 * n$, засекались только удаления на каждом этапе). Парабола получается из-за того, что количество элементов в файле расло линейно, а тажке росло линейно количество удаляемых элементов.

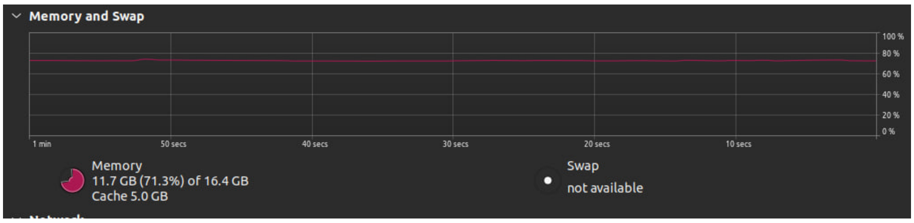


Также был проведен опыт с повторяющимся запуском программы, которая обновляет существующие данные (обновление сводится к удалению старых и вставке новых), чтобы показать, что занимаемая программой память при этом не увеличивается.

Здесь, перед каждым вызовом ls была запущена эта программа.



Также была запущен скрипт, вызывающий программу на вставку на все большее и большее количество элементов с каждой итерацией, а во время него было изучено состояние оперативной памяти системы: оно не расло с ростом затрагиваемых программой элементов.



5 Вывод

Тесты показали, что операция вставки имеет сложность $O(1)$, операция выборки - за время, не большее $O(n)$, операция удаления/обновления за $t < O(n * m) \rightarrow O(n + m)$