Kermit Address DB 系统说明书

作者：陈科名（Kermit）

一、功能说明

Kermit Address DB 实现了一个简单的用于存储通信薄的关系型数据库，使用二进制文件存储数据，并实现了简化的 SQL 的 INSERT 语句和 SELECT 语句，且两种语句均只用了单个元组大小的内存缓冲区。该数据库支持四种类型的字段：定点数 int、浮点数 float、定长字符串 char、变长字符串 varchar，并且在查询语句中支持多字段查询，还可以使用 =、!=、>、<、>=、<= 运算符。

本实验的数据库仅要求使用一个关系模式，用于实现通信簿，故本系统的关系模式设置为了：

字段名	name	age	phone	email	resume	description
类型	char(20)	int	char(40)	char(40)	char(128)	varchar(1024)
备注	名字，20字节定长字符串	年龄，4字节的定点数	电话，40字节的定长字符串	邮箱，40字节的定长字符串	简历，128字节的定长字符串	描述，最长1024字节的可变长字符串

系统仓库地址：https://github.com/Kermit-C/ruc-addressdb

由于实验4会在接着在此系统上改进，故实验3的版本在仓库中标注了 tag 为：`expe.3`

二、使用说明

1、启动数据库

命令如下

```
addressdb # 使用当前文件夹下的 data 数据作为通信薄数据源，没有则会自动创建

addressdb -p <data path> # 使用 p 参数指定通信薄数据源的路径，支持同一个计算机上存在多个数据源

addressdb --help # 查看使用说明
```

启动后的界面如下

```
~/MyCode/@ruc/@database/addressdb/dist master ./addressdb
########################
#   Kermit Address DB   #
########################

warning: this program uses gets(), which is unsafe.
addressdb>
```

查看使用说明如下

```
~/MyCode/@ruc/@database/addressdb/dist master ?1 ./addressdb --help
Usage: addressdb [options]

Options:
  -p, --path=<data path>   The path the data locates in.
  -h, --help               Show usage.
```

2、数据库操作

进入数据库后可使用 `help` 命令查看数据库的操作帮助，界面如下

```
~/MyCode/@ruc/@database/addressdb/dist master ?1 ./addressdb
########################
#   Kermit Address DB   #
########################

warning: this program uses gets(), which is unsafe.
addressdb> help
Commands:
   insert value (value0,value1,...),(value0,value1,...),...
          Insert into address database.
   select field0,field1,... where field0<op>value0 and field1<op>value1 ...
          Find value from address database. 'op': =,>,<,>=,<=,!=.
   help   Show usage.
addressdb>
```

当输入命令不正确，将会提示

```
addressdb> jn
Command is not found. Input `help` to check available commands.
addressdb>
```

当语法不正确，将会提示

```
addressdb> insert value (12
Syntax error.
```

3、数据库 INSERT 操作

数据库插入命令的语法为简化后的 INSERT 指令，语法如下

```
insert value (value0,value1,...),(value0,value1,...),...
```

由于本实验的关系模式已经确定，故插入值应当如下

```
insert value (<name>,<age>,<phone>,<email>,<resume>,<description>),
(<name>,<age>,<phone>,<email>,<resume>,<description>),...
```

往数据库插入操作的示例如下

```
~/MyCode/@ruc/@database/addressdb/dist master +2 !1 ./addressdb
########################
#   Kermit Address DB   #
########################

warning: this program uses gets(), which is unsafe.
addressdb> insert value (kermit,23,18080008000,keming@ruc.edu.cn,My resume.,My desc.)
1 item has been inserted.
addressdb> insert value (dbiir,18,18108274362,dbiir@ruc.edu.cn,My name is DBIIR.,I'm outstanding.)
1 item has been inserted.
addressdb> insert value (deke,28,18827461893,deke@ruc.edu.cn,I am DEKE lab of RUC.,State of art!)
1 item has been inserted.
addressdb>
```

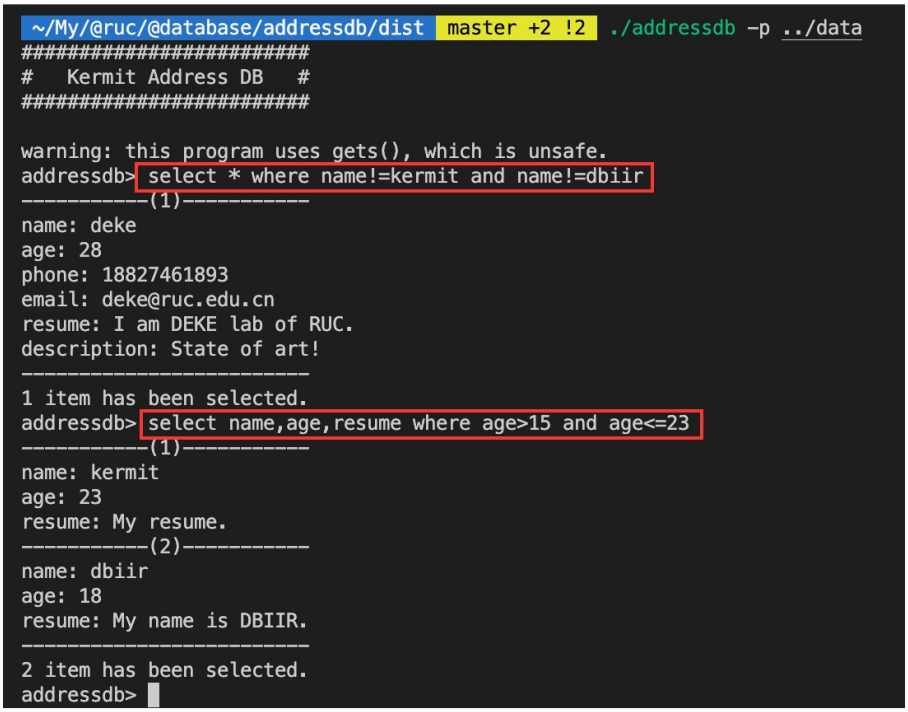
注：这三条数据所对应的数据文件已放置在项目根目录，以作示例

4、数据库 select 操作

数据库查询命令的语法为简化后的 SELECT 指令，语法如下

```
select field0,field1,... where field0<op>value0 and field1<op>value1 ...
# 其中的 <op> 为运算符，包括：=,>,<,>=,<=,!=
```

查询操作的示例如下，使用的数据源为上方 insert 操作插入的数据



三、技术解析

1、代码结构

```
.
├── data                # 实例数据源，里面存储了三条数据供展示
├── dist                # 编译出的二进制程序存放处
│   ├── aarch64_linux   # aarch64 GNU/Linux
│   ├── arm64_darwin    # arm64 Darwin (MacOS)
│   └── x86_64_linux    # x86_64 GNU/Linux
└── src                 # 代码
    ├── client.c        # 客户端交互的模块，实现 SQL 命令的交互与解析
    ├── client.h        # 客户端交互的模块的头文件
    ├── io.c            # 磁盘 IO 的模块，与二进制数据库文件交互
    ├── io.h            # 磁盘 IO 的模块的头文件
    ├── main.c          # 入口文件，命令行交互、启动、查看帮助指令等的实现
    ├── operate.c       # SQL 操作的模块，实现了 SQL 语句的解析与执行逻辑
    ├── operate.h       # SQL 操作的模块的头文件
    ├── schema.c        # 关系模式相关的模块，用于创建关系模式、提供关系模式查询、
字段查询、往缓冲区读写等
    └── schema.h        # 关系模式相关的模块的头文件
```

其中编译出的二进制文件都在 ./dist 里，我手边有三台机器，分别编译成了三份：

1. aarch64_linux: 使用 gcc 在 arm ubuntu 20.04 上编译

2. arm64_darwin: 使用 clang 在 arm MacOS 13 上编译
3. x86_64_linux: 使用 gcc 在 x86 ubuntu 20.04 上编译

2、核心模块解析

核心模块主要是 `operate.c` 与 `schema.c`

（1）schema.c

该模块定义了模式的二进制结构，对于每个字段来讲，模式结构如下

```c
struct address_schema_field_item
{
    /**
     * 一些字段标志
     * * 第一位：为 0 则定长，为 1 则变长
     * * 第二、三位：00 为 int，01 为 float，10 为 char，11 为 varchar
     * * 后几位：保留标志
     */
    unsigned char sign;
    int length;                     // 字段长度，varchar 的实际长度由字段前 4 字节（int 长度）确定
    char name[field_name_length]; // 字段名
};
```

- 前 8 位：标志位，其中第一位表示该字段是定长字段或者变长字段，第二和第三位共同表示字段类型，后 5 位为保留位
- 第 9-40 位：字段长度，单位字节，表示该字段的数据的长度，若是定长字段则是实际长度，若是变长字段（varchar），则表示最大长度，其实际长度在数据中由字段数据的前 32 位动态确定。
- 第 41-200 位：字段名

该模块还确定了元组的二进制结构，分为长度段和数据段，如下所示

```
| 元组长度位：32 位 | 数据段 |
```

对于数据段，分为变长字段和定长字段。对于定长字段而言，仅保存数据，其长度由上方关系模式确定；对于变长字段而言，结构如下

```
| 数据 | # 定长字段数据
| 字段长度位：32位 | 数据 | # 变长字段数据
```

该模块内的所有函数及注释如下

```
/** 创建通信簿用到的模式定义 */
void create_address_schema(const int address_schema_length);
/** 根据字段名获取字段项索引号 */
int get_address_schema_index_from_name(char *field_name);
/** 根据索引号获取字段项定义 */
struct address_schema_field_item *get_address_schema_from_index(int
index);
/** 根据字段名获取字段项定义 */
struct address_schema_field_item *get_address_schema_from_name(char
*field_name);
/** 根据字段名获取字段项类型 */
int get_address_schema_type_from_name(char *field_name);
/** 根据索引号获取字段名 */
char *get_address_schema_field_name_from_index(int index);
/** 获取缓冲区应当的长度 */
int get_buf_length(int tuple_length);
/** 获取缓冲区表示长度的长度 */
int get_buf_tuple_length_length();
/** 从缓冲区获取元组长度 */
int get_tuple_length(unsigned char *buf);
/** 往缓冲区写元组长度 */
void set_tuple_length(unsigned char *buf, int length);
/** 从缓冲区获取数据段 */
unsigned char *get_tuple_data(unsigned char *buf);
/** 创建一个空元组缓冲区 */
unsigned char *create_one_buf();
/** 删除一个缓冲区 */
void delete_one_buf(unsigned char *buf);
/** 从缓冲区获取字段值 */
void *get_tuple_data_field(unsigned char *buf, char *field_name);
/** 往缓冲区写数据 */
int write_tuple(unsigned char *output_buf, int valuec, char **value);
```

（2）operater.c

该模块为主要操作模块，实现了 insert 和 select 语句。

对于 insert 语句，首先解析语法，然后查询关系模式，将输入数据转化为对应数据类型，之后调用 schema.c 模块构造缓冲区二进制数据，最后将缓冲区通过 io.c 模块写入到二进制文件中。

对于 select 语句，首先解析语法，然后将筛选条件和输出字段条件转化为程序可读的结构体，之后依次从二进制文件读入一个元组到缓冲区，缓冲区大小为 1 个元组的大小，调用 schema.c 模块获取关系模式信息，根据筛选操作符进行匹配；若匹配成功则进入到输出阶段，根据指定的输出字段输出信息，然后读入下一个；若失败，则直接读入下一个元组到缓冲区。

（3）其他模块

其他模块实现的功能是命令行的实现、SQL 命令的实现、磁盘 IO 的抽象等功能，较为简单且不是本实验的核心目标，故不作详细解析。但代码中记录了注释，可参考注释～