**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Санкт-Петербургский государственный**

**электротехнический университет**

**«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)**

**Кафедра МО ЭВМ**

отчет

**по лабораторной работе №2**

**по дисциплине «Алгоритмы и структуры данных»**

Тема: Рекурсивная обработка иерархических списков

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Студент гр. 9382 |  | Докукин В.М. |
| Преподаватель |  | Фирсов М.А. |

Санкт-Петербург

2020

**Цель работы.**

Познакомиться с такой часто используемой на практике нелинейной конструкцией, как иерархический список, способами её организации и рекурсивной обработки, а также научиться применять иерархические списки для решения различных задач, как с использованием базовых функций их рекурсивной обработки, так и без использования рекурсии.

**Основные теоретические положения.**

Иерархический список — нелинейная структура данных, представляющая из себя набор структурных единиц — элементов списка, каждый из которых содержит указатель на следующий по порядку элемент списка. Основным отличием иерархического списка от обычного связного списка является наличие у каждого элемента указателя на подсписок. Таким образом, элементами иерархического списка могут быть не только элементы, но и другие списки.

Написание кода производилось на базе системы Linux Ubuntu 18.04. Код был написан на языке С++ с использованием стандартных библиотек. Работа с кодом происходила в текстовом редакторе Notepad++.

**Задание.**

Пусть выражение (логическое, арифметическое, алгебраическое\*) представлено иерархическим списком. В выражение входят константы и переменные, которые являются атомами списка. Операции представляются в префиксной форме ( (<операция> <аргументы>) ), либо в постфиксной форме (<аргументы> <операция>) ). В задании даётся один из следующих вариантов требуемого действия с выражением: проверка синтаксической корректности, упрощение (преобразование), вычисление.

17) логическое, упрощение, префиксная форма

**Описание структур данных для реализации иерархических списков.**

1. class Node – класс элемента списка. Класс содержит 3 поля — char key для хранения ключа, Node\* next для хранения указателя на следующий элемент и Node\* child для хранения указателя на начало подсписка. Подсписок содержит в себе аргументы операции.

Кроме того, реализованы следующие функции работы с иерархическим списком:

1. bool areIdentical(Node\* node1, Node\* node2) – рекурсивная функция. Проверяет, являются ли два списка идентичными. Два списка считаются идентичными, если они содержат одинаковые элементы в одинаковой последовательности — таким образом, функция сравнивает ключи первых элементов списка, а также вызывает саму себя для проверки следующего элемента списка и первого элемента подсписка. Функция возвращает true, если списки идентичны, в противном случае — false.

2. void simplifyNode(Node\* node) – упрощает список согласно основным логическим законам(идемпотентности, исключённого третьего, непротиворечия, исключения констант, двойного отрицания, де Моргана). Если ключ элемента — знак операции, функция проверяет условия возможности упрощения и соответствующим образом изменяет подсписок элемента и его ключ. Функция не возвращает значение, работая с переданным элементом напрямую.

3. void simplifyExpression(Node\* head) – рекурсивная функция. Упрощает выражение, переданное в виде списка. Алгоритм упрощения — вызов simplifyExpression() для элементов подсписка(если возможно), после чего — вызов simplifyNode() для аргумента функции. Функция не возвращает значение, работая с переданным элементом напрямую.

4. bool isCorrectExpression(std::string expr) – проверяет, является ли введённое выражение корректным. Выражение считается корректным, если в нём присутствуют только символы «1», «0», «(«, «)», «&», «|», «!» и латинские буквы — переменные, а также количество открытых скобок равно количеству закрытых. Возвращает true, если выражение корректно, иначе — false.

5. int exprToList(std::string expr, Node\* head, int i = 0) – рекурсивная функция. Преобразует выражение в список, первым элементом которого является объект по адресу в переменной head. Алгоритм преобразования: если текущий символ - «(», функция создаёт новый элемент списка, записывает в него следующий символ-операнд и создаёт подсписок, после чего вызывает себя для обработки аргументов операции. Возвращаемое значение — позиция, на которой закончился вызов функции — используется для рекурсивной обработки.

**Тестирование.**

Результаты тестирования представлены в табл. 1.

Таблица 1 — Результаты тестирования

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № теста | Входные данные | Выходные данные | Комментарии |
| 1 | (& (| a b) (| a b)) | isCorrectExpression() call  You've inserted the next expression: (& (| a b) (| a b))  simplifyExpression() call for node &  simplifyExpression() call for node |  simplifyExpression() call for node a  simplifyNode() call for a  simplifyExpression() call for node b  simplifyNode() call for b  simplifyNode() call for |  areIdentical() call for a b  simplifyExpression() call for node |  simplifyExpression() call for node a  simplifyNode() call for a  simplifyExpression() call for node b  simplifyNode() call for b  simplifyNode() call for |  areIdentical() call for a b  simplifyNode() call for &  areIdentical() call for | |  areIdentical() call for a a  areIdentical() call for b b  Simplified expression:  (| a b) | Проверка на считывание выражения с лишними пробелами |
| 2 | [пустая строка] | isCorrectExpression() call  Incorrect expression format. | Проверка на взаимодействие с пустой строкой |
| 3 | () | isCorrectExpression() call  Incorrect expression format. | Проверка на взаимодействие с пустыми скобками |
| 4 | (& (| a b) (& c d))))) | isCorrectExpression() call  You've inserted the next expression: (& (| a b) (& c d))  simplifyExpression() call for node &  simplifyExpression() call for node |  simplifyExpression() call for node a  simplifyNode() call for a  simplifyExpression() call for node b  simplifyNode() call for b  simplifyNode() call for |  areIdentical() call for a b  simplifyExpression() call for node &  simplifyExpression() call for node c  simplifyNode() call for c  simplifyExpression() call for node d  simplifyNode() call for d  simplifyNode() call for &  areIdentical() call for c d  simplifyNode() call for &  areIdentical() call for | &  Simplified expression:  (& (| a b) (& c d)) | Проверка на взаимодействие с лишними скобками |

**Выводы.**

В ходе выполнения лабораторной работы:

1. Была изучена структура данных — иерархический список, а также особенности и принципы работы с ней.

2. Была написана программа, решающая поставленную задачу.

3. Была написана серия тестов, позволяющих качественно оценить работу программы(тесты находятся в файле tests.txt в директории с исходным кодом программы).

Приложение 1.

Исходный код программы.

Название файла: main.cpp

#include<iostream>

#include<string>

#include<fstream>

class Node{ // Элемент списка

public:

char key;

Node\* next;

Node\* child;

Node(char key = '\0', Node\* next = nullptr, Node\* child = nullptr){

this->key = key;

this->next = next;

this->child = child;

}

};

bool areIdentical(Node\* node1, Node\* node2){ // Проверяет, являются ли два списка идентичными

std::cout<<"areIdentical() call for "<<node1->key<<" "<<node2->key<<'\n';

if (node1->key != node2->key) return false;

if (node1->child != nullptr && node2->child != nullptr){

if (node1->child->next != nullptr && node2->child->next != nullptr) return areIdentical(node1->child, node2->child) & areIdentical(node1->child->next, node2->child->next);

else return areIdentical(node1->child, node2->child);

}

return true;

}

void simplifyNode(Node\* node){ // Упрощение списка

std::cout<<"simplifyNode() call for "<<node->key<<'\n';

if (node->key == '&'){

if (node->child->key == '0' || node->child->next->key == '0'){

node->key = '0';

node->child = nullptr;

return;

}

if (node->child->key == '1'){

node->key = node->child->next->key;

node->child = node->child->next->child;

return;

}

if (node->child->next->key == '1'){

node->key = node->child->key;

node->child = node->child->child;

return;

}

if (areIdentical(node->child, node->child->next)){

node->key = node->child->key;

node->child = node->child->child;

return;

}

if (node->child->key == '!' && node->child->next->key == '!'){

node->key = '|';

node->child->key = node->child->child->key;

node->child->next->key = node->child->next->child->key;

node->child->child = node->child->child->child;

node->child->next->child = node->child->next->child->child;

return;

}

if (node->child->key == '!'){

if (node->child->next != nullptr && node->child->child != nullptr)

if (areIdentical(node->child->next, node->child->child)){

node->key = '0';

node->child = nullptr;

}

return;

}

if (node->child->next->key == '!'){

if (node->child->next->child != nullptr && node->child != nullptr)

if (areIdentical(node->child->next->child, node->child)){

node->key = '0';

node->child = nullptr;

}

return;

}

}

if (node->key == '|'){

if (node->child->key == '1' || node->child->next->key == '1'){

node->key = '1';

node->child = nullptr;

return;

}

if (node->child->key == '0'){

node->key = node->child->next->key;

node->child = node->child->next->child;

return;

}

if (node->child->next->key == '0'){

node->key = node->child->key;

node->child = node->child->child;

return;

}

if (areIdentical(node->child, node->child->next)){

node->key = node->child->key;

node->child = node->child->child;

return;

}

if (node->child->key == '!' && node->child->next->key == '!'){

node->key = '&';

node->child->key = node->child->child->key;

node->child->next->key = node->child->next->child->key;

node->child->child = node->child->child->child;

node->child->next->child = node->child->next->child->child;

return;

}

if (node->child->key == '!'){

if (node->child->next != nullptr && node->child->child != nullptr)

if (areIdentical(node->child->next, node->child->child)){

node->key = '1';

node->child = nullptr;

}

return;

}

if (node->child->next->key == '!'){

if (node->child->next->child != nullptr && node->child != nullptr)

if (areIdentical(node->child->next->child, node->child)){

node->key = '1';

node->child = nullptr;

}

return;

}

}

if (node->key == '!'){

if (node->child->key == '0'){

node->key = '1';

node->child = nullptr;

return;

}

if (node->child->key == '1'){

node->key = '0';

node->child = nullptr;

return;

}

if (node->child->key == '!'){

node->key = node->child->child->key;

node->child = node->child->child->child;

return;

}

}

}

void simplifyExpression(Node\* head){ // Упрощение всего выражения(обход списка в глубину)

std::cout<<"simplifyExpression() call for node "<<head->key<<'\n';

if (head->child != nullptr) {

simplifyExpression(head->child);

if (head->child->next != nullptr) simplifyExpression(head->child->next);

}

simplifyNode(head);

}

bool isCorrectExpression(std::string expr){ // Проверяет, является ли введённое выражение корректным

std::cout<<"isCorrectExpression() call\n";

if (expr.length() < 5) return false;

int open = 0;

for (int i = 0; i < expr.length(); i++){

if (expr[i] >= '2' && expr[i] <= '9') return false;

if ((expr[i+1] != '&' && expr[i+1] != '|' && expr[i+1] != '!') && expr[i] == '(') return false;

if (expr[i] == '(') open++;

if (expr[i] == ')') open--;

}

if (open > 0) return false;

return true;

}

int exprToList(std::string expr, Node\* head, int i = 0){ // Преобразует выражение в иерархический список

while (expr[i] == ' '){

i++;

}

if (expr[i] == '('){

head->key = expr[++i];

head->child = new Node();

i = exprToList(expr, head->child, i + 1);

if (head->key == '|' || head->key == '&'){

head->child->next = new Node();

i = exprToList(expr, head->child->next, i);

}

}

else if (isalpha(expr[i])){

head->key = expr[i];

head->child = nullptr;

}

else if (isdigit(expr[i])){

head->key = expr[i];

head->child = nullptr;

}

return i + 1;

}

void printList(Node\* head){ // Печатает список на экран

if (head->key == '&' || head->key == '|' || head->key == '!'){

std::cout<<"("<<head->key<<" ";

printList(head->child);

if (head->child->next != nullptr){

std::cout<<" ";

printList(head->child->next);

}

std::cout<<")";

}

else{

std::cout<<head->key;

}

}

void process(std::string expr){ // Обработка введённого выражения

int c = isCorrectExpression(expr);

if (!c) {

std::cout<<"Incorrect expression format.\n";

return;

}

Node\* head = new Node();

exprToList(expr, head);

std::cout<<"You've inserted the next expression: ";

printList(head);

std::cout<<'\n';

simplifyExpression(head);

std::cout<<"Simplified expression:\n";

printList(head);

std::cout<<'\n';

delete head;

}

int func(){

int a;

std::string expr;

std::cout<<"Choose input option(0 - file input, 1 - console input):\n";

std::cin>>a;

if (a){

std::cin.ignore();

std::getline(std::cin, expr);

process(expr);

return 0;

}

std::ifstream f("tests.txt");

if (!f){

std::cout<<"Couldn't open file!\n";

return 1;

}

while (!f.eof()){

std::getline(f, expr);

process(expr);

std::cout<<"--------------------------------\n";

}

return 0;

}

int main(){

try{

func();

}

catch(...){

std::cout<<"An unexpected error occurred.\n";

}

return 0;

}