

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ОБНИНСКИЙ ИНСТИТУТ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ — филиал
федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

Факультет кибернетики
Кафедра компьютерных систем, сетей и технологий

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №1
Бинарное дерево

По курсу «Объектно-ориентированное программирование»

Студент
группы
ВТ-С-Б12

.....

Луценко Г.А.

Руководитель
доцент
кафедры КССТ

.....

Тельнов В.П.

1 Постановка задачи

Разработайте в MS Visual Studio программное решение на языке Си, которое реализует динамическую структуру данных (контейнер) типа «Двоичное дерево». Каждый элемент контейнера содержит строки символов произвольной длины.

В программном решении следует реализовать следующие операции над контейнером:

- создание и уничтожение контейнера;
- добавление и извлечение элементов контейнера;
- обход всех элементов контейнера (итератор);
- удаление из контейнера дублирующих элементов;
- вычисление количества элементов в контейнере;
- реверс контейнера (первый элемент контейнера становится последним, второй элемент становится предпоследним и т.д.);
- объединение, пересечение и вычитание контейнеров;
- сохранение контейнера в дисковом файле и восстановление контейнера из файла.

Ограничения. Реализуйте простейший проект типа «приложение командной строки» (т.е. без оконного интерфейса). Средства C++ (объекты, классы, шаблоны классов) использовать не следует. Готовые контейнерные классы из библиотеки STL также использовать не следует. Разработайте контейнер самостоятельно на языке Си.

Рекомендации. Начните работу с изучения wiki:

<https://github.com/djbelyak/OOPLab-Tree/wiki>

Найдите и изучите в рекомендованной литературе и в документации MS Visual Studio описания и примеры реализаций данной структуры данных. Обдумайте и обсудите с преподавателем алгоритмы, состав функций, интерфейс и общую структуру программы. Возникающие затруднения попытайтесь преодолеть самостоятельно, потом обращайтесь за помощью.

Письменный отчет по работе должен содержать следующие разделы:

1. Постановку задачи.
2. Описание контейнера как динамической структуры данных, в том числе:
 - рисунки, на которых изображена структура данных и поясняются основные алгоритмы;
 - описание алгоритмов, которые используются при работе с контейнером;
 - область применения данной структуры данных, её преимущества и недостатки.

3. Листинг разработанного авторского кода на языке Си. Код должен быть надлежащим образом структурирован и снабжен комментариями.

Для успешной сдачи лабораторной работы необходимо представить письменный отчет, продемонстрировать на практике работоспособность программного решения и ответить на вопросы преподавателя.

2 Описание контейнера

Бинарное (двоичное) дерево (binary tree) - это упорядоченное дерево, каждая вершина которого имеет не более двух поддеревьев, причем для каждого узла выполняется правило: в левом поддереве содержатся только ключи, имеющие значения, меньшие, чем значение данного узла, а в правом поддереве содержатся только ключи, имеющие значения, большие, чем значение данного узла.

Бинарное дерево является рекурсивной структурой, поскольку каждое его поддерево само является бинарным деревом и, следовательно, каждый его узел в свою очередь является корнем дерева.

Узел дерева, не имеющий потомков, называется листом.

Схематичное изображение бинарного дерева:

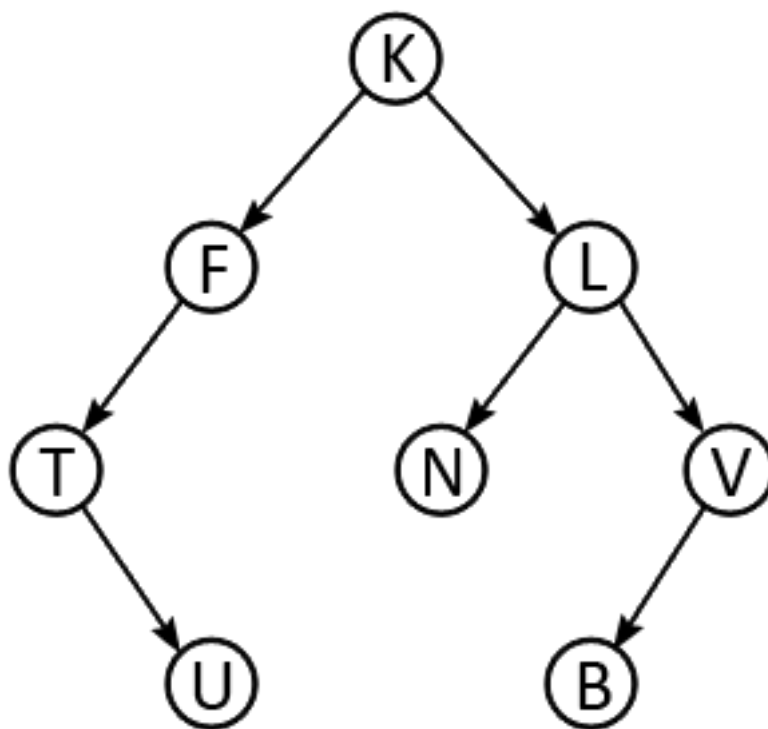


Рис. 1. Пример двоичного дерева

Организация данных с помощью бинарных деревьев часто позволяет значительно сократить время поиска нужного элемента. Поиск элемента в линейных структурах данных обычно

осуществляется путем последовательного перебора всех элементов, присутствующих в данной структуре. Поиск по дереву не требует перебора всех элементов, поэтому занимает значительно меньше времени. Максимальное число шагов при поиске по дереву равно высоте данного дерева, т.е. количеству уровней в иерархической структуре дерева.

Бинарное дерево является рекурсивной структурой, поскольку каждое его поддерево само является бинарным деревом и, следовательно, каждый его узел в свою очередь является корнем дерева.

При работе с деревьями обычно используются рекурсивные алгоритмы. Использование рекурсивных функций менее эффективно, поскольку многократный вызов функции расходует системные ресурсы. Тем не менее, использование рекурсивных функций является оправданным, поскольку нерекурсивные функции для работы с деревьями гораздо сложнее и для написания, и для восприятия кода программы.

Основные операции в бинарном дереве:

- обход дерева;
- добавление элемента;
- удаление элемента;
- поиск элемента;

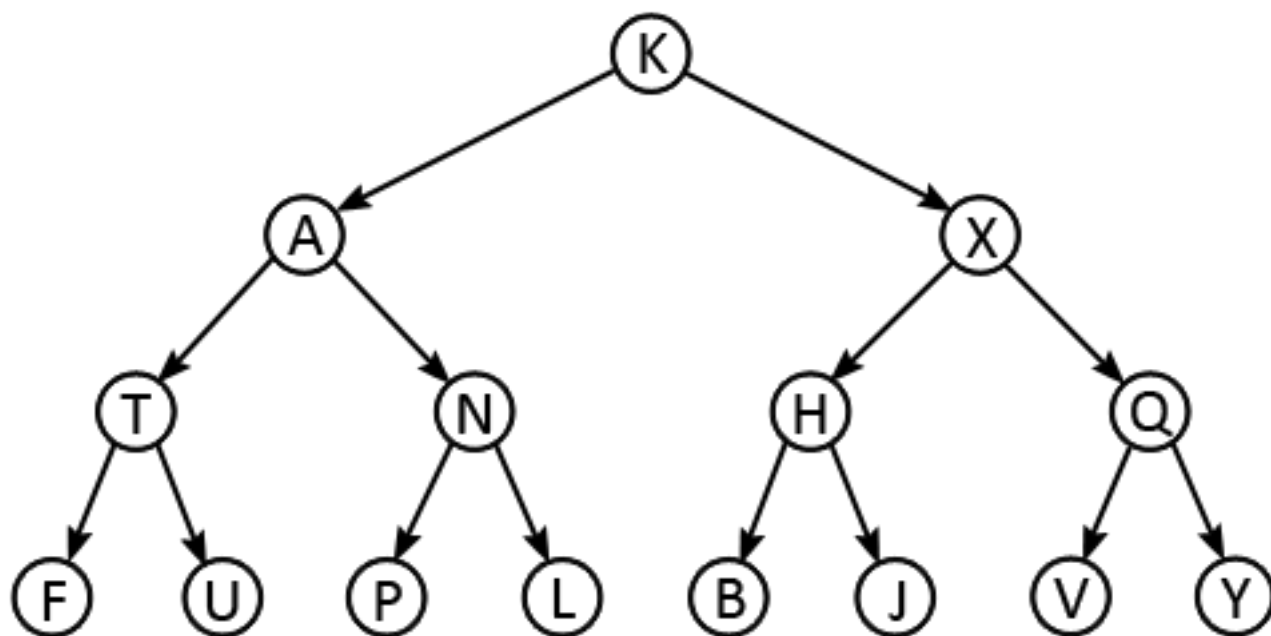


Рис. 2. Пример полного двоичного дерева

Операция, при которой вершины дерева поочередно просматриваются и каждая только один раз называется **обходом дерева**. Выделяют четыре основных метода обхода:

- обход в ширину;
- прямой обход;
- обратный обход;
- симметричный обход;

Обход в ширину – это поуровневая обработка узлов слева на право. Работа этого метода заключается в просмотре всех вершин, начиная с n -ого уровня и некоторой вершины.

Возьмем нулевой уровень за начальный (рис. 2), и, начиная с вершины К, будем методом обхода в ширину поочередно двигаться вниз, просматривая при этом вершины в следующем порядке: К А Х Т N Н Q F U P L B J V Y.

Обход в прямом порядке вначале предполагает обработку предков, а потом их потомков, то есть сначала посещается вершина дерева, далее левое и правое поддеревья, именно в описанном порядке. Для нашего дерева последовательность прямого обхода такая: К А Т F U N P L X Н В J Q V Y.

Обход в обратном порядке противоположен прямому обходу. Первыми осматриваются потомки, а уже затем предки, иначе говоря, первоначально обращение идет к элементам нижних уровней левого поддерева, потом то же самое с элементами правого, и в конце осматривается корень. Обратный обход дерева с рисунка 2: F U T P L N А В J Н V Y Q X К.

Обход в симметричном порядке заключается в посещении левого узла, перехода в корень, и оттуда в правый узел. Все для того же дерева узлы будут осмотрены в следующем порядке: F T U А P N L K В Н J X V Q Y.

Узел бинарного дерева можно описать следующим образом:

Listing 1 – "Описание узла бинарного дерева на C++"

```
struct BTree
{
    T data;
    BTree* left;
    BTree* right;
};
```

Где Т - тип данных хранимых внутри узла, а left и right - указатели на левое и правое дочернее поддерево узла.

Как в случае со списком, программа должна хранить указатель на первый элемент дерева, его вершину, который ещё называют **корнем дерева** (Root). В начале работы программы дерево пусто и корневой элемент может быть определён как $BTree^* Root = NULL$;

Добавление элемента в дерево.

Процедура добавления имеет следующий алгоритм работы:

1. если проверяемый узел пуст, то:

- (a) создаём новый узел;
 - (b) левый и правый указатель указывают на пусто;
2. иначе выбираем ветку, по которой продолжим просмотр дерева. Если значение текущего элемента больше искомого, просматриваем левую ветку поддерева, в противном случае правую.

Удаление элемента из дерева.

Процедура удаления имеет следующий алгоритм работы:

1. Если текущий узел пуст, то остановиться
2. Иначе сравнить ключ искомого узла (K) с ключом текущего узла (T).
 - (a) Если $K > T$, рекурсивно удалить искомый узел из правого поддерева.
 - (b) Если $K < T$, рекурсивно удалить K из левого поддерева T .
 - (c) Если $K = T$, то необходимо рассмотреть два случая:
 - i. Если одного из детей нет, то значения полей второго ребёнка m ставим вместо соответствующих значений текущего узла, затирая его старые значения и освобождаем память, занимаемую узлом.
 - ii. Если оба потомка присутствуют, то:
 - A. найдём узел m , являющийся самым левым узлом правого поддерева;
 - B. скопируем значения полей (ключ, значение) узла m в соответствующие поля узла n .
 - C. у предка узла m заменим ссылку на узел m ссылкой на правого потомка узла m (который, в принципе, может быть пустым).
 - D. освободим память, занимаемую узлом m (на него теперь никто не указывает, а его данные были перенесены в узел n).

Поиск элемента в дереве.

Процедура поиска имеет следующий алгоритм работы:

1. Если дерево пусто, то сообщить, что узел не найден, и остановиться.
2. Иначе сравнить искомый ключ (K) со значением ключа текущего узла (T).
 - (a) Если $K = T$, выдать ссылку на этот узел и остановиться.
 - (b) Если $K > T$, рекурсивно искать ключ K в правом поддереве T .
 - (c) Если $K < T$, рекурсивно искать ключ K в левом поддереве T .

Может возникнуть вопрос, зачем нужны такие сложности, если можно просто хранить данные в виде списка или массива. Ответ прост — операции с деревом работают быстрее. При реализации списком все функции требуют $O(n)$ действий, где n — размер структуры. Операции

с деревом же работают за $O(h)$, где h — максимальная глубина дерева (глубина — расстояние от корня до вершины). В оптимальном случае, когда глубина всех листьев одинакова, в дереве будет $n=2^h$ вершин. Значит, сложность операций в деревьях, близких к оптимуму будет $O(\log_2 n)$. К сожалению, в худшем случае дерево может выродиться и сложность операций будет как у списка, например, если вставлять значения в порядке их возрастания или убывания.

Бинарные деревья применяются не только для хранения и поиска информации, но и используются в различных алгоритмах сортировки и сжатия данных. Кроме того, существуют более продвинутые варианты бинарных деревьев, которые используются в компьютерной графике, в играх, при создании алгоритмов принятия решений и для множества других целей.

3 Листинг исходного кода

Listing 2 – container.h

```
void hello_world();
```

Listing 3 – container.cpp

```
#include <iostream>
void hello_world()
{
    std::cout << "Hello ,_World!" << std::endl;
}
```

Listing 4 – main.cpp

```
#include "container.h"
int main(int argc , char** argv)
{
    hello_world();
    return 0;
}
```
