中国科学技术大学计算机学院

《算法基础》实验报告

实验题目：lab1_排序算法

学生姓名：胡毅翔

学生学号：PB18000290

完成日期：2020 年 11 月 8 日

计算机实验教学中心制

2019 年 09 月

实验目的

1.实现 5 种排序算法:Insertion sort, Merge Sort, Heap Sort, Quick Sort, Counting Sort。

2.对不同规模的序列使用上述算法进行排序，统计排序时间。

3.对获得的实验数据进行分析，并与理论进行比较。

实验原理

本次实验所用的排序算法有:Insertion sort, Merge Sort, Heap Sort, Quick Sort, Counting Sort。其正确性已在《算法导论》一书中得到证明。

具体实现(实现中的调用函数未包含于实验报告中，详见 sort.h)如下：

1.插入排序

```
void InsertionSort(int *a, int n)
{
    for (int j = 1; j < n; j++)
    {
        int key = a[j];
        int i = j - 1;
        while (i >= 0 && a[i] > key)
        {
            a[i + 1] = a[i];
            i = i - 1;
        }
        a[i + 1] = key;
    }
}
```

2.归并排序

```
void Merge(int *a, int start, int q, int end)
{
    int m = q - start + 1;
    int n = end - q;
    int *L, *R, i, j;
    L = (int *)calloc(m + 1, sizeof(int));
    R = (int *)calloc(n + 1, sizeof(int));
    for (i = 0; i < m; i++)
        L[i] = a[start + i];
    for (j = 1; j <= n; j++)
        R[j - 1] = a[q + j];
    L[m] = INT_MAX;
    R[n] = INT_MAX;
```

```
    i = 0;
    j = 0;
    for (int k = start; k <= end; k++)
    {
        if (L[i] <= R[j])
        {
            a[k] = L[i];
            i++;
        }
        else
        {
            a[k] = R[j];
            j++;
        }
    }
    free(L);
    free(R);
}
```

3.堆排序

```
void HeapSort(int *a, int n)
{
    int size = n;
    BuildMaxHeap(a, n);
    for (int i = n; i > 1; i--)
    {
        exchange(&a[1], &a[i]);
        size--;
        MaxHeapify(a, 1, size);
    }
}
```

4.快速排序

```
void QuickSort(int *a, int start, int end)
{
    if (start < end)
    {
        int q = Partition(a, start, end);
        QuickSort(a, start, q - 1);
        QuickSort(a, q + 1, end);
    }
}
```

5.计数排序

```
void CountingSort(int *a, int *b, int length, int n)
```

```
{
    int i, j;
    int *c = (int *)calloc(length + 1, sizeof(int));
    for (i = 0; i <= length; i++)
        c[i] = 0;
    for (j = 0; j < n; j++)
        c[a[j]] = c[a[j]] + 1;
    for (i = 1; i <= length; i++)
        c[i] = c[i] + c[i - 1];
    for (j = n - 1; j >= 0; j--)
    {
        b[c[a[j]] - 1] = a[j];
        c[a[j]] = c[a[j]] - 1;
    }
    free(c);
}
```

实验环境

1.PC 一台

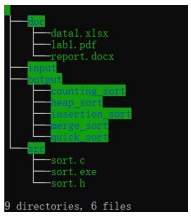
2.Windows 系统

3.gcc 编译器

实验过程

目录框架

本次实验的目录框架(执行 sort.exe 前)如下图所示：



程序执行

执行 sort.exe：

1.根据时间播种随机数，将 2^{18} 个随机数写入 input 目录下的 input.txt 文件保存。

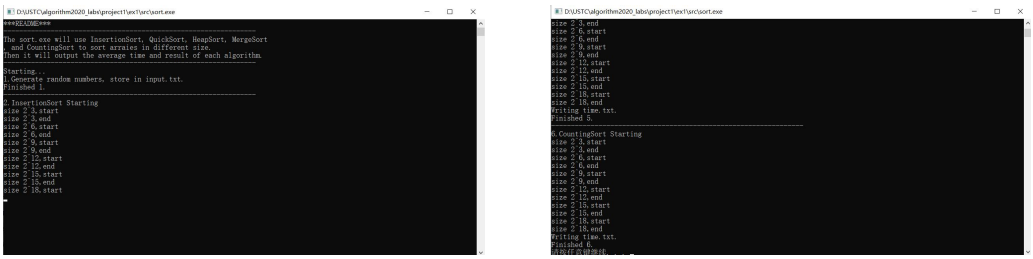
2.从中读取前 2^3 个数，放入待排序数组，开始计时，调用 InsertionSort()，结束计时。

3.将排序结果写入/output/insertion_sort/result_3.txt，计时求差并暂存于计时数组。

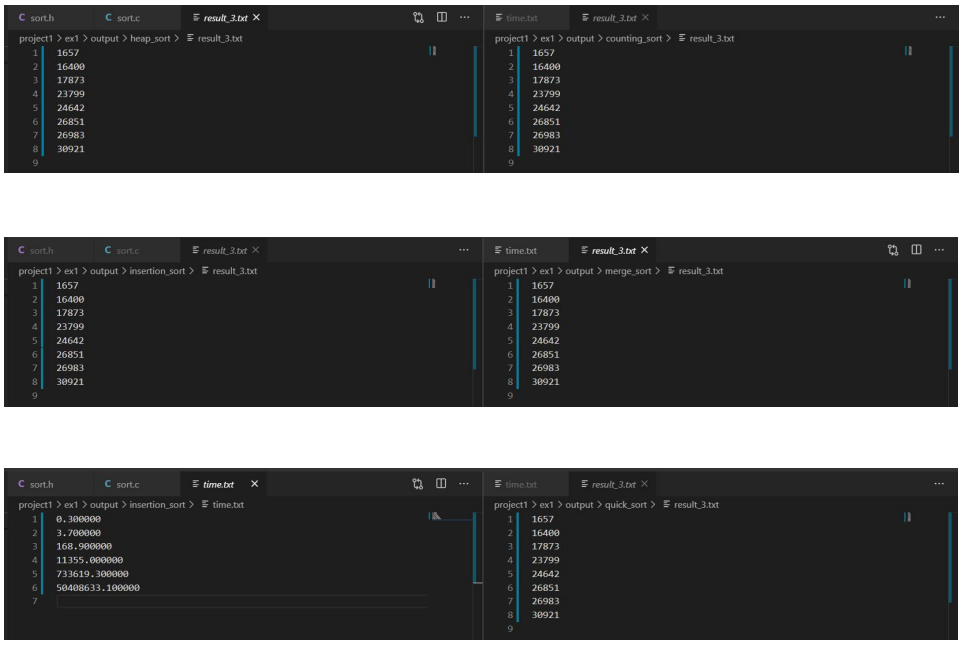
4.修改规模为 2^6，2^9，2^{12}，2^{15}，2^{18} 重复 2-3 步。

5.修改排序算法为 MergeSort()，Heap Sort()， Quick Sort()， Counting Sort()，重复执行 2-4 步。

6.程序结束。



运行过程截图



排序结果及计时结果截图

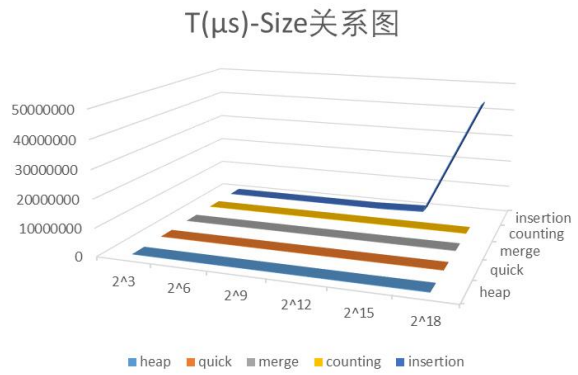
结果分析

运行时间统计分析

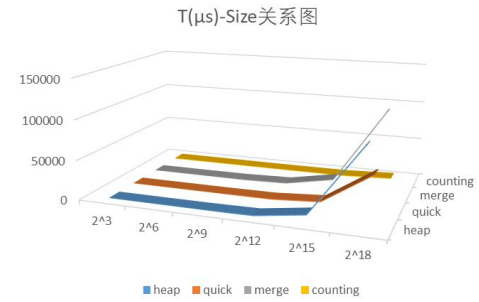
运行程序 5 次，计算求得各种算法在不同输入规模下的平均运行时间(如表 1)。

t(μs)	heap	quick	merge	counting	insertion
2^3	1.08	0.52	4.34	298.32	0.56
2^6	7.78	4.14	30.14	270.38	3.58
2^9	109.44	57.12	310.32	190.72	181.92
2^{12}	876.78	439.84	1992.84	246.06	11084.94
2^{15}	9670.5	4472.8	13535.5	624.82	660223.86
2^{18}	94451.12	44662.26	104914.4	3314.78	43422953.1

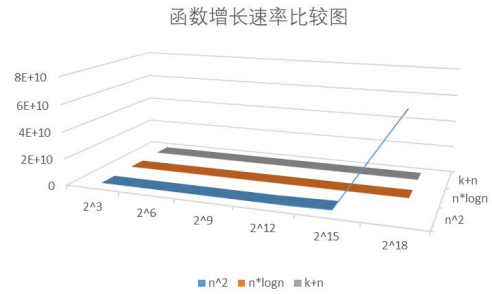
表 1

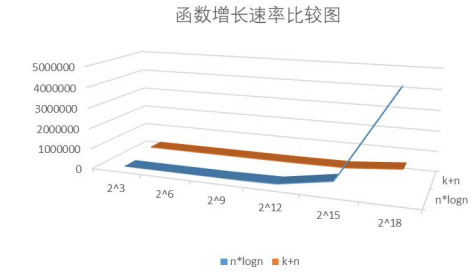


因 insertion sort 的运行时间数量级较大，无法明显区分其余四个排序算法的差异，故其余四个算法另外作图。



此外做出 n^2，nlogn，k+n 的函数增长速率关系图，与实验结果加以比较。





通过观察比较可知，本次实验实现的算法的运行时间，与理论估计基本相同：Insertion sort 的时间复杂度为 $O(n)$；Merge Sort，Heap Sort，Quick Sort 的时间复杂度为 $O(n\log n)$；Counting Sort 的时间复杂度为 $O(k+n)$。

在数据范围固定，数据规模较大时，Counting Sort 优势明显，但在数据规模较小时，则不适用。

在时间复杂度同为 $O(n\log n)$ 的三个算法中，Quick Sort 的运行时间与其余两个算法相比较低，可能的原因是：相较 Merge Sort，不需要内存的分配和释放；相较 Heap Sort，访问低一级别存储空间的次数较少。故三种算法虽然时间复杂度相同，但考虑机器本身存储空间的特性，Quick Sort 的性能更优。

插入排序在数据规模较小时表现较好，但随着规模增大，性能急剧下降。