可视化实验六报告

201900161140 张文浩

实验时间：10.25

软件环境：vscode

1.实验要求：

阅读 https://jheer.github.io/barnes-hut/，理解 force-directed layout 的算法，构建用例跑一下 d3 的 fore-directed layout

2.实验步骤：

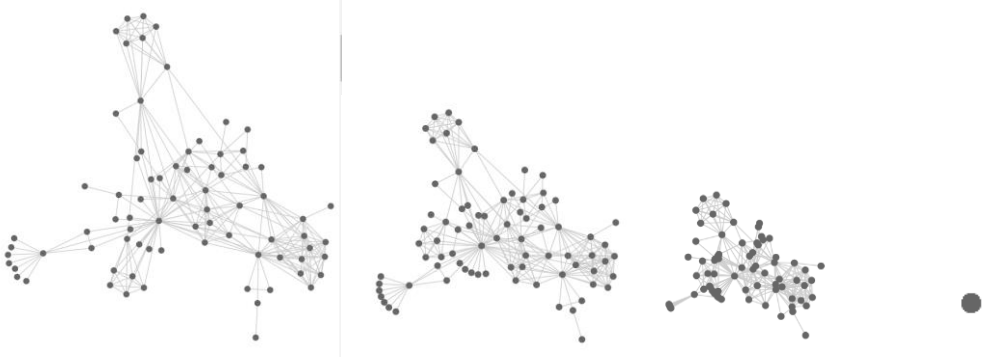
第一步：

阅读文章 https://jheer.github.io/barnes-hut/，理解 force-directed layout 的算法原理。

force strength：

调整 force strength 力的强度，力越大，代表点与点之间的引力越大。负数代表斥力。

force strength = -30　　force strength = -10　　force strength = 0　　force strength = 10



现在这种 naïve 的计算方法的时间复杂度为 n2，随着点数 n 的增加，运行时间与 n^2 成比例地增长，无法处理大数据量。

Barnes-Hut 近似：

为了加速计算并使大规模模拟成为可能，天文学家 Josh Barnes 和 Piet Hut 设计了一个巧妙的方案。关键思想是通过用它们的**质心**替换一组远距离点来近似远程力。该方案显着加快了计算速度，复杂度为 n log n 而不是 n^2。

Barnes-Hut 算法包括三个步骤：

1. 构建空间索引（例如，四叉树）
2. 计算质心
3. 估计 force strength

①：

构建四叉树，没插入一个点，就细分空间扩展树，保证每个点都在单独的一个单元格中。

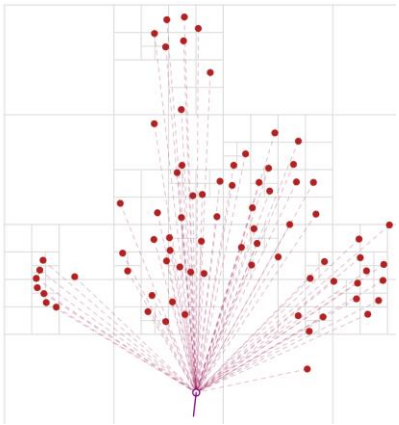
②：

计算质心，四叉树构建后，我们计算树的每个单元的质心。四叉树单元的质心只是其四个子单元中心的加权平均值。

我们首先访问叶节点单元格，然后访问后续的父单元格，在我们向上通过树时合并数据。遍历完成后，每个单元格都更新了其质心的位置和 force strength。

③：

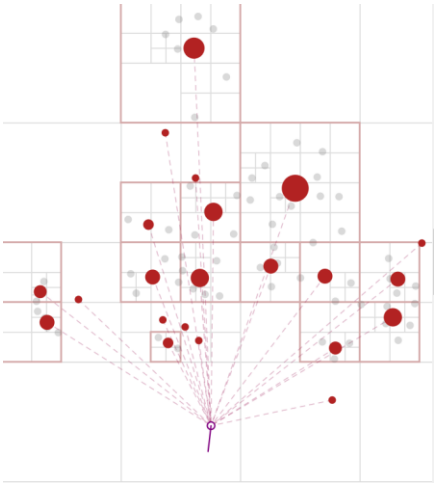
估计 force，在图中加一个“探针”，计算每个每个四叉树单元对“探针”位置的 force 的作用。



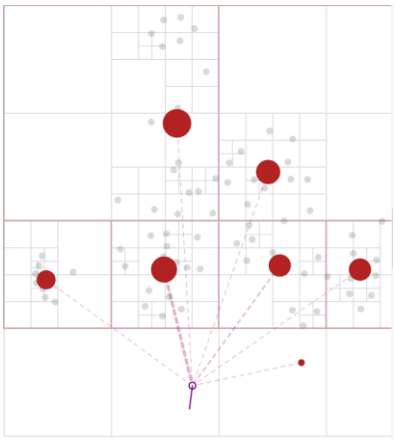
为了进一步简化计算，我们对于比较远的点，可以用更大的四叉树单元进行代替。实现的方式是设定一个阈值 θ，定义为“宽度/距离”，当 theta = 1 时，如果从样本点到单元格中心的距离大于或等于单元格的宽度，则将使用四叉树单元格的质心，并忽略其内部点。

如果 theta=0，说明要计算每个点到“探针”位置的 force，如上图所示。

theta-0.5 时，可以看到距离“探针”较远的四叉树把更大的四叉树单元看到一个整体，只需计算每个“大单元”到“探针”位置的 force 即可，而忽略了内部的点。如下图所示。

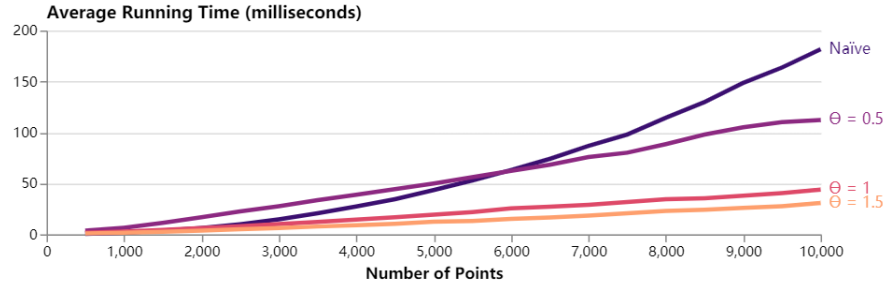


theta=1 时，每个单元格变得更大了，计算量进一步减小，当然计算误差会更大没如下图所示。

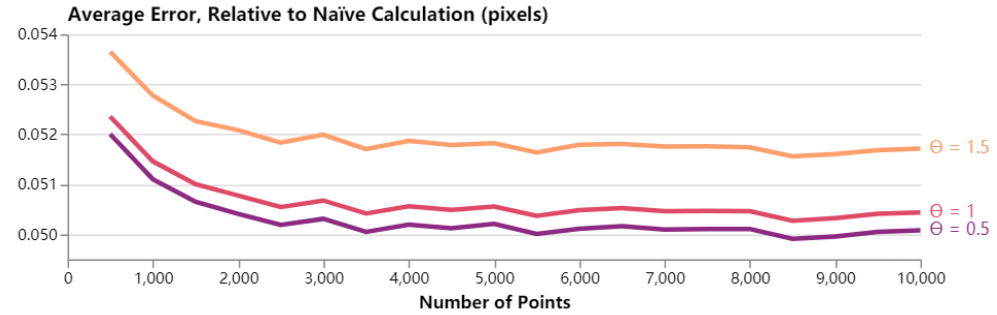


性能分析：

文章最后对 theta 不同取值的性能进行了对比分析。



从第一张图中可以看出，随着 theta 的增大，在计算到“探针”位置的 force 的时候每个被看做一个整体的四叉树大小更大，计算量更小，平均时间消耗更小。尤其是 theta=1 和 theta=1.5 时计算的平均时间都比较小，性能较好。



在第二张图中，可以看到，随着 theta 的增大，计算的误差也随之增大，在图一中可以看到，在时间消耗方面，theta=1 和 theta=1.5 的表现相差不大，但 theta=1.5 却比 theta=1 的平均计算误差大了很多，所以在实践中，通常会采用 theta=1 来兼顾计算速度和准确率。

第二步：

构建用例跑一下 d3 的 fore-directed layout

我在网上下载了一个树型结构的数据，大概长这样。

关键代码如下：

绘制画布，定义力导图

```
const svg = d3.select('body')
    .append('svg')
    .attr('width', width)
    .attr('height', height)
    .attr('class', 'chart')

const simulation = d3.forceSimulation(nodes)
    .force('charge', d3.forceManyBody())
    .force('link', d3.forceLink(links))
    .force('x', d3.forceX(width / 2))
    .force('y', d3.forceY(height / 2))
```

设置力导图属性

```
simulation.alphaDecay(0.05)
simulation.force('charge')
    .strength(-20)
simulation.force('link')
    .id(d => d.id) // set id getter
    .distance(0) // 连接距离，就是边的长度，但是这是一个近似值，设置为 10 不一定有 10px
    .strength(1) // 连接强度
    .iterations(1) // 迭代次数，每次 tick 中模拟连接力的次数
```

d3.links()函数返回一个连接对象参数组，用来表示每个给定的节点对象从父节点倒子节点间的连接，建立树结构。

```
const root = d3.hierarchy(data)
const nodes = root.descendants()
```

```
const links = root.links()
```

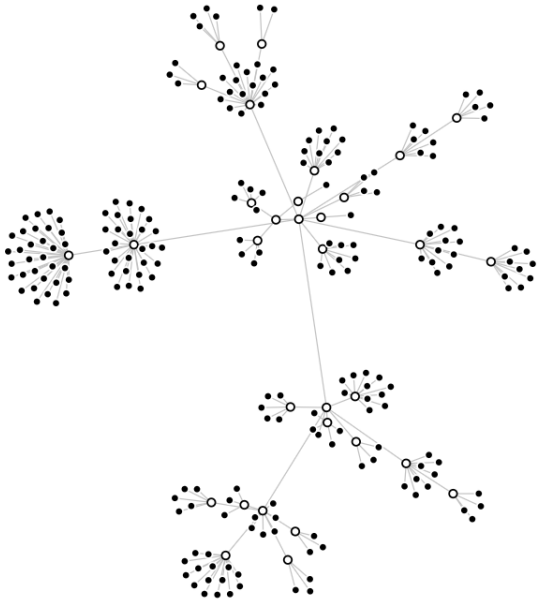
绑定连接数据和节点数据，并设置相应属性

```
const simulationLinks = svg.append('g')
    .selectAll('line')
    .data(links)
    .enter()
    .append('line')
    .attr('stroke', d => '#c2c2c2')

const simulationNodes = svg.append('g')
    .attr('fill', '#fff')
    .attr('stroke', '#000')
    .attr('stroke-width', 1.5)
    .selectAll('circle')
    .data(nodes)
    .enter()
    .append('circle')
    .attr('r', 3.5)
    .attr('fill', d => d.children ? null : '#000') // 叶子节点黑底白边，父节点白底黑边
    .attr('stroke', d => d.children ? null : '#fff')
    .call(d3.drag()
        .on('start', started)
        .on('drag', dragged)
        .on('end', ended)
    )
```

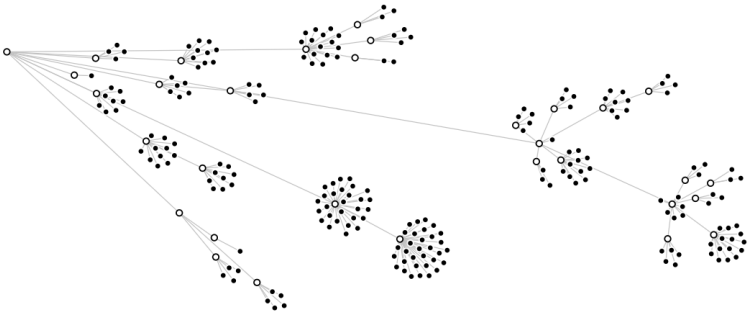
注册 tick 事件处理函数，基于李布局的计算结果更新所有 circle 元素的位置和所有 link 元素位置。

```
simulation.on('tick', ticked)
function ticked() {
    simulationLinks.attr('x1', d => d.source.x )
        .attr('y1', d => d.source.y )
        .attr('x2', d => d.target.x )
        .attr('y2', d => d.target.y )

    simulationNodes.attr('cx', d => d.x )
        .attr('cy', d => d.y )
}
```

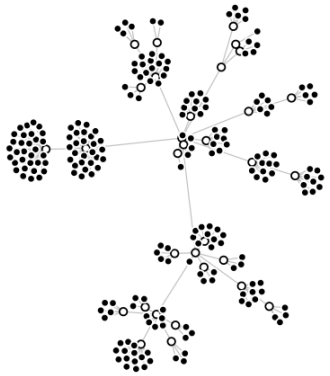
结果如下图所示：



可以拖动点改变位置



还可以通过改变斥力的大小来改变布局
把 strength 强度调大后效果如下：



可以看到，在将斥力大小调小之后，每个点之间的距离变小了。