10 | React 中的“栈调和”（Stack Reconciler）过程是怎样的?

2020/11/11 修言

时下 React 16 乃至 React 17 都是业界公认的“当红炸子鸡”，相比之下 React 15 似乎已经是一副黯淡无光垂垂老矣的囧相了。

在这样的时代背景下，愿意自动自发地了解 React 15 的人越来越少，这是一个令人心碎的现象。毕竟有位伟人曾经说过，“以史为镜，可以知兴替”；还有另一位伟人曾经说过，“学习知识需要建立必要且完整的上下文”——如果我们不清楚 React 15 的运作机制，就无从把握它的局限性；如果我们不能确切地把握 React 15 的局限性，就无法从根本上理解 React 16 大改版背后的设计动机。因此在追逐时代潮流之前，必须学好历史。

在本讲，我们就要迈出“学习历史”的第一步，也是最重要的一步——理解 React 15 的“栈调和”算法。

调和（Reconciliation）过程与 Diff 算法

迫于喜欢钻名词牛角尖的人实在太多，开篇我先来带你做一个概念辨析，显式声明一下专栏中所提及的“调和”和“Diff”两个东西的确切指向。

“调和”又译为“协调”，协调过程的官方定义，藏在 React 官网对虚拟 DOM 这一概念的解释中，原文如下：

> Virtual DOM 是一种编程概念。在这个概念里，UI 以一种理想化的，或者说“虚拟的”表现形式被保存于内存中，并通过如 ReactDOM 等类库使之与“真实的” DOM 同步。这一过程叫作协调（调和）。

我来划一下这段话里的重点：**通过如 ReactDOM 等类库使虚拟 DOM 与“真实的” DOM 同步，这一过程叫作协调（调和）**。

说人话：调和指的是将虚拟 DOM**映射**到真实 DOM 的过程。因此严格来说，**调和过程并不能和 Diff 画等号**。调和是“使一致”的过程，而 Diff 是“找不同”的过程，它只是“使一致”过程中的一个环节。

React 的源码结构佐证了这一点：React 从大的板块上将源码划分为了 Core、Renderer 和 Reconciler 三部分。其中 Reconciler（调和器）的源码位于src/renderers/shared/stack/reconciler这个路径，调和

器所做的工作是一系列的，包括组件的挂载、卸载、更新等过程，其中更新过程涉及对 Diff 算法的调用。

所以说`调和 !== Diff`这个结论，是站得住脚的，如果你持有这个观点，说明你很专业，为你点赞！

但是！在如今大众的认知里，当我们讨论调和的时候，其实就是在讨论 Diff。

这样的认知也有其合理性，因为**Diff 确实是调和过程中最具代表性的一环**：根据 Diff 实现形式的不同，调和过程被划分为了以 React 15 为代表的“栈调和”以及 React 16 以来的“Fiber 调和”。在实际的面试过程中，当面试官抛出 Reconciliation 相关问题时，也多半是为了了解候选人对 Diff 的掌握程度。因此在本讲中，“栈调和”指的就是 React 15 的 Diff 算法。

Diff 策略的设计思想

在展开讲解 Diff 算法的具体逻辑之前，我们首先从整体上把握一下 Diff 的设计思想。

前面我们已经提到，Diff 算法其实就是“找不同”的过程。在计算机科学领域，要想找出两个树结构之间的不同, 传统的计算方法是通过循环递归进行树节点的一一对比，这个过程的算法复杂度是 O (n^3) 。尽管这个算法本身已经是几代程序员持续优化的结果，但对计算能力有限的浏览器来说，O (n^3) 仍然意味着一场性能灾难。

具体来说，若一张页面中有 100 个节点（这样的情况在实际开发中并不少见），100^3 算下来就有十万次操作了，这还只是一次 Diff 的开销；若应用规模更大一点，维护 1000 个节点，那么操作次数将会直接攀升到 10 亿的量级。

经常做算法题的人都知道，OJ 中相对理想的时间复杂度一般是 O(1) 或 O(n)。当复杂度攀升至 O(n^2) 时，我们就会本能地寻求性能优化的手段，更不必说是人神共愤的 O(n^3) 了！我们看不下去，React 自然也看不下去。React 团队结合设计层面的一些推导，总结了以下两个规律， 为将 O (n^3) 复杂度转换成 O (n) 复杂度确立了大前提：

- 若两个组件属于同一个类型，那么它们将拥有相同的 DOM 树形结构；
- 处于同一层级的一组子节点，可用通过设置 key 作为唯一标识，从而维持各个节点在不同渲染过程中的稳定性。

除了这两个“板上钉钉”的规律之外，还有一个和实践结合比较紧密的规律，它为 React 实现高效的 Diff 提供了灵感：DOM 节点之间的跨层级操作并不多，**同层级操作是主流**。

接下来我们就一起看看 React 是如何巧用这 3 个规律，打造高性能 Diff 的。

把握三个“要点”，图解 Diff 逻辑

对于 Diff 逻辑的拆分与解读，社区目前已经有过许多版本，不同版本的解读姿势和角度各有不同。但说到底，真正需要你把握的要点无非下面这 3 个：

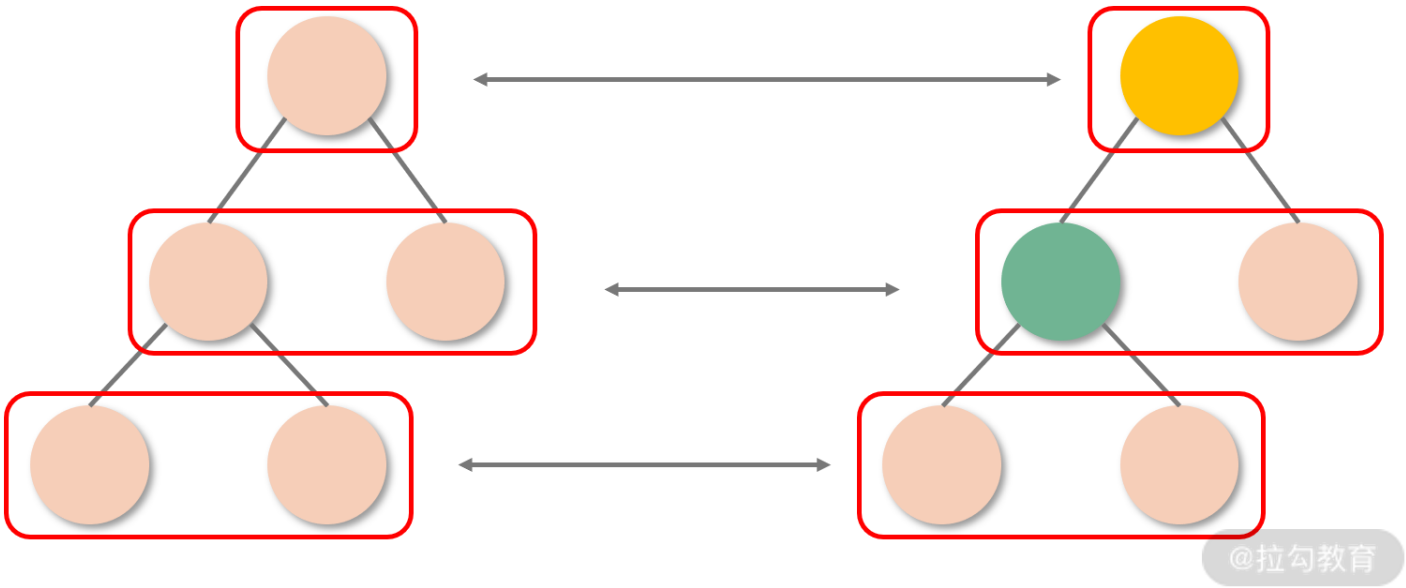
1. Diff 算法性能突破的关键点在于“**分层对比**”；
2. 类型一致的节点才有继续 Diff 的必要性；
3. key 属性的设置，可以帮我们尽可能重用同一层级内的节点。

这 3 个要点各自呼应着上文的 3 个规律，我们逐个来看。

1. 改变时间复杂度量级的决定性思路：分层对比

结合“DOM 节点之间的跨层级操作并不多，**同层级操作是主流**”这一规律，React 的 Diff 过程直接放弃了跨层级的节点比较，它**只针对相同层级的节点作对比**，如下图所示。这样一来，只需要从上到下的一次遍历，就可以完成对整棵树的对比，这是降低复杂度量级方面的一个最重要的设计。

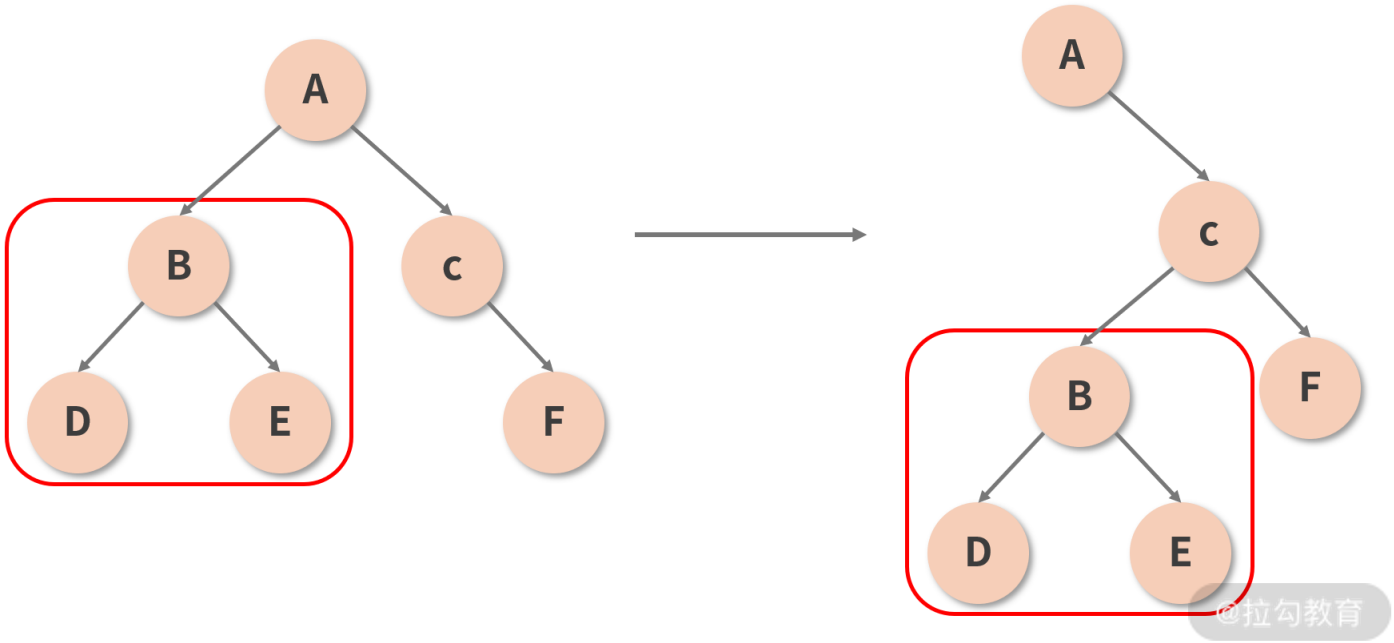
> 需要注意的是：虽然栈调和将传统的树对比算法优化为了分层对比，但整个算法仍然是以递归的形式运转的，**分层递归也是递归**。



那么如果真的发生了跨层级的节点操作（比如将以 B 节点为根节点的子树从 A 节点下面移动到 C 节点下面，如下图所示）会怎样呢？很遗憾，作为“次要矛盾”，在这种情况下 React 并不能够判断出“移动”

这个行为，它只能机械地认为移出子树那一层的组件消失了，对应子树需要被销毁；而移入子树的那一层新增了一个组件，需要重新为其创建一棵子树。

销毁 + 重建的代价是昂贵的，因此 React 官方也建议开发者不要做跨层级的操作，尽量保持 DOM 结构的稳定性。

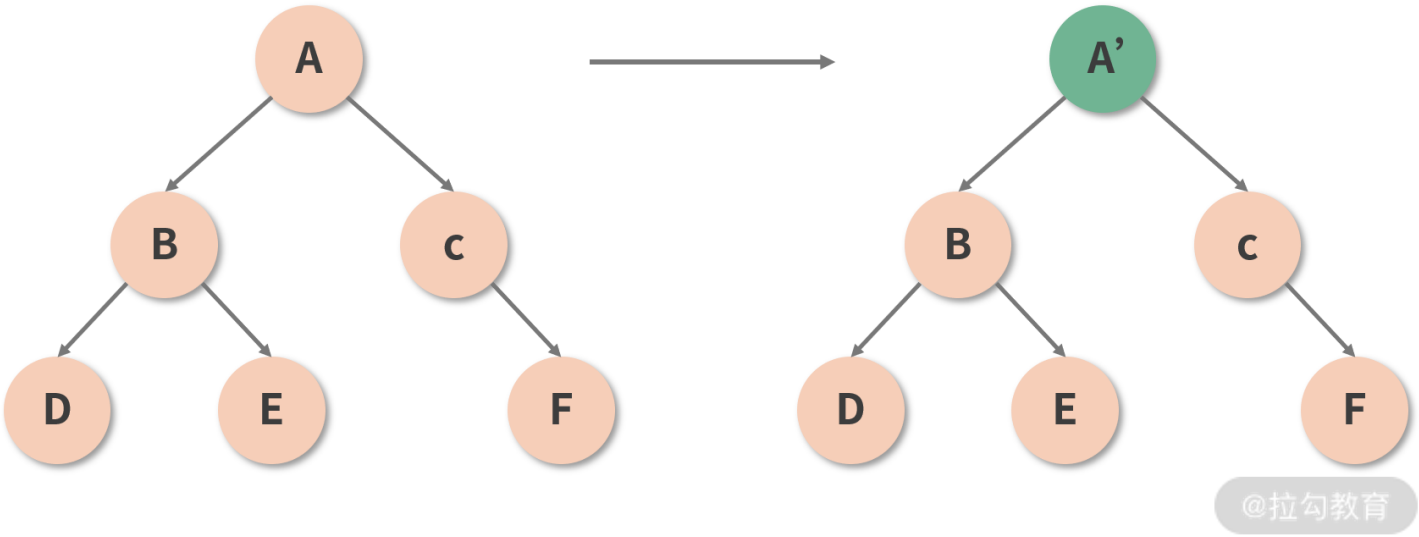


2. 减少递归的“一刀切”策略：类型的一致性决定递归的必要性

结合“若两个组件属于同一个类型，那么它们将拥有相同的 DOM 树形结构”这一规律，我们虽不能直接反推出“不同类型的组件 DOM 结构不同”，但在大部分的情况下，这个结论都是成立的。毕竟，实际开发中遇到两个 DOM 结构完全一致、而类型不一致的组件的概率确实太低了。

本着抓“主要矛盾”的基本原则，React 认为，只有同类型的组件，才有进一步对比的必要性；若参与 Diff 的两个组件类型不同，那么直接放弃比较，原地替换掉旧的节点，如下图所示。只有确认组件类型相同后，React 才会在保留组件对应 DOM 树（或子树）的基础上，尝试向更深层次去 Diff。

这样一来，便能够从很大程度上减少 Diff 过程中冗余的递归操作。

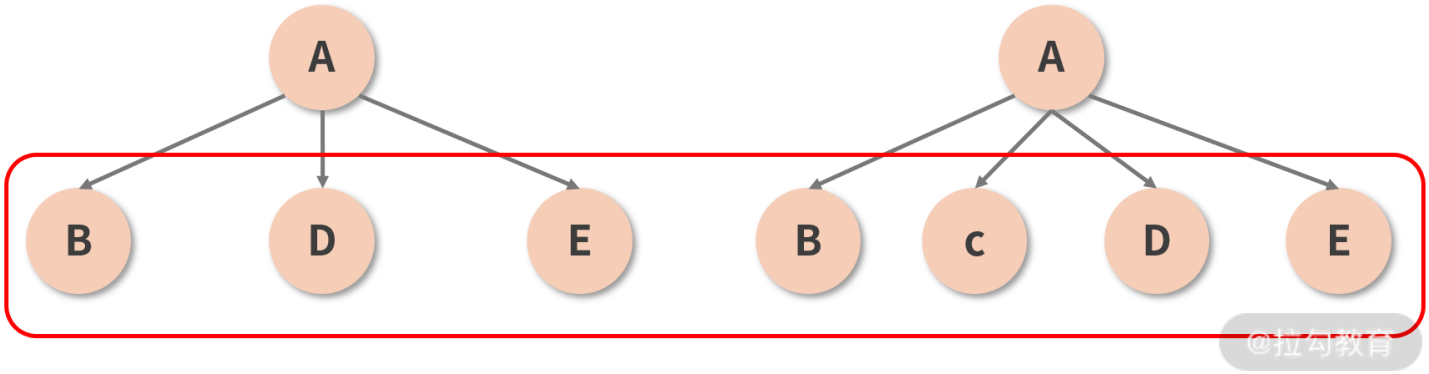


3. 重用节点的好帮手：key 属性帮 React “记住”节点

在上文中，我们提到了“key 属性能够帮助维持节点的稳定性”，这个结论从何而来呢？首先，我们来看看 React 对 key 属性的定义：

> key 是用来帮助 React 识别哪些内容被更改、添加或者删除。key 需要写在用数组渲染出来的元素内部，并且需要赋予其一个稳定的值。稳定在这里很重要，因为如果 key 值发生了变更，React 则会触发 UI 的重渲染。这是一个非常有用的特性。

它试图解决的是**同一层级下节点的重用问题**。在展开分析之前，我们先结合到现在为止对 Diff 过程的理解，来思考这样一种情况，如下图所示：



图中 A 组件在保持类型和其他属性均不变的情况下，在两个子节点（B 和 D）之间插入了一个新的节点（C）。按照已知的 Diff 原则，两棵树之间的 Diff 过程应该是这样的：

- 首先对比位于第 1 层的节点，发现两棵树的节点类型是一致的（都是 A），于是进一步 Diff；
- 开始对比位于第 2 层的节点，第 1 个接受比较的是 B 这个位置，对比下来发现两棵树这个位置上的节点都是 B，没毛病，放过它；

- 第 2 个接受比较的是 D 这个位置，对比 D 和 C，发现前后的类型不一致，**直接删掉 D 重建 C**；
- 第 3 个接受比较的是 E 这个位置，对比 E 和 D，发现前后的类型不一致，**直接删掉 E 重建 D**；
- 最后接受“比较”的是树 2 的 E 节点这个位置，这个位置在树 1 里是空的，也就是说树 2 的E 是一个新增节点，所以**新增一个 E**。

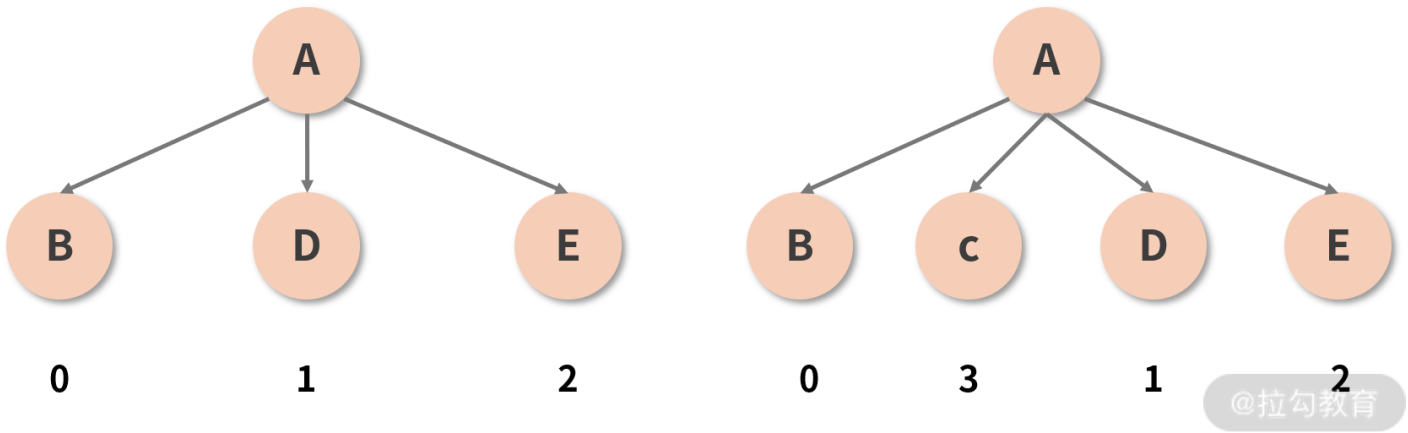
你看你看，奇怪的事情发生了：C、D、E 三个节点，其实都是可以直接拿来用的。**原本新增 1 个节点就能搞定的事情，现在却又是删除又是重建地搞了半天**，这也太蠢了吧？而且这个蠢操作和跨层级移动节点还不太一样，后者本来就属于低频操作，加以合理的最佳实践约束一下基本上可以完全规避掉；但图示的这种插入节点的形式，可是实打实的高频操作，你怎么躲也躲不过的。频繁增删节点必定拖垮性能，**这时候就需要请出 key 属性来帮我们重用节点了**。

key 属性的形式，我们肯定都不陌生。在基于数组动态生成节点时，我们一般都会给每个节点加装一个 key 属性（下面是一段代码示例）：

复制代码

```
const todoItems = todos.map((todo) =>
  <li key={todo.id}>
    {todo.text}
  </li>
)
```

如果你忘记写 key，React 虽然不至于因此报错，但控制台标红是难免的，它会给你抛出一个“请给列表元素补齐 key 属性”的 warning，这个常见的 warning 也从侧面反映出了 key 的重要性。事实上，当我们没有设定 key 值的时候，Diff 的过程就正如上文所描述的一样惨烈。但只要你按照规范加装一个合适的 key，这个 key 就会像一个记号一样，帮助 React “记住”某一个节点，从而在后续的更新中实现对这个节点的追踪。比如说刚刚那棵虚拟 DOM 树，若我们给位于第 2 层的每一个子节点一个 key 值，如下图所示：



这个 key 就充当了每个节点的 ID（唯一标识），有了这个标识之后，当 C 被插入到 B 和 D 之间时，React 并不会再认为 C、D、E 这三个坑位都需要被重建——它会通过识别 ID，意识到 D 和 E 并没有发生变化（D 的 ID 仍然是 1，E 的 ID 仍然是 2），而只是被调整了顺序而已。接着，React 便能够轻松地重用它“追踪”到旧的节点，将 D 和 E 转移到新的位置，并完成对 C 的插入。这样一来，同层级下元素的操作成本便大大降低。

> 注：作为一个节点的唯一标识，在使用 key 之前，请务必确认 key 的唯一和稳定。

总结

行文至此，栈调和机制下 Diff 算法的核心逻辑其实已经讲完了。前面我曾经强调过，原理!==源码，这一点放在 Diff 算法这儿来看尤为应验——Diff 算法的源码调用链路很长，就 React 15 这一个大版本来说，我个人就断断续续花了好几天才真正读完；但若真的把源码中的逻辑要点作提取，你消化它们可能也就不过一杯茶的工夫。

对于 React 15 下的 Diff 过程，我个人的建议是你了解到逻辑这一层，把握住“树递归”这个特征，这就够了。专栏对调和过程的讨论，主要的发力点仍然是围绕 React 16 来展开的。若你学有余力，可以提前了解一下 React 16 对调和的实现，这将是我们整个第二模块的一个重中之重。

结束了对 React 15 时代下 Diff 的探讨，你可别忘了虚拟 DOM 中还有一个叫作“batch”的东西。“batch”描述的是“批处理”机制，这个机制和 Diff 一样，在 React 中都可以由 setState 来触发。在下一讲，我们就会深入 setState 工作流，对包括“批量更新”在内的一系列问题一探究竟。