## 桌面系统的混成器 简史 <sup>②</sup>

#### 目录

#### Contents

- 早期的栈式窗口管理器
- NeXTSTEP 与 Mac OS X 中混成器的发展
- 插曲:昙花一现的 Project Looking Glass 3D
- Windows 中的混成器
- 这就结束了? Linux 桌面呢?

Processing math: 100%

(原本是想写篇关于 Wayland 的文章,后来越写越长感觉能形成一个系列, 于是就先把这篇背景介绍性质的部分发出来了。)

Linux 系统上要迎来 Wayland 了,或许大家能从各种渠道打听到 Wayland 是一个混成器,替代 X 作为显示服务器。 那么 **混成器** 是个什么东西,桌面系统为什么需要它呢?要理解为什么桌面系统需要 **混成器** (或者它的Compositing Window Manager

另一个叫法, 混成窗口管理器 ),在这篇文章中我想回 顾一下历史, 了解一下混成器出现的前因后果。

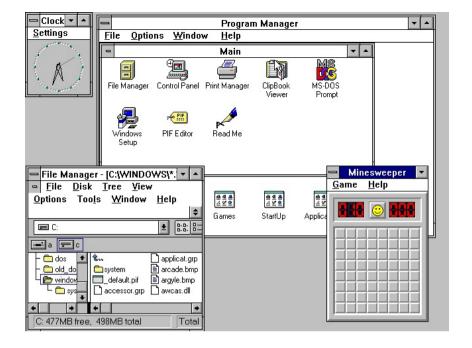
首先介绍一下混成器出现前主要的一类窗口管理 Stacking Window Manager

器,也就是 栈式窗口管理器 的实现方式。

本文中所有桌面截图来自维基百科,不具有著作权保护。

## 早期的栈式窗口管理器

栈式窗口管理器的例子, Windows 3.11 的桌面



我们知道最初图形界面的应用程序是全屏的,独占整个显示器(现在很多游戏机和手持设备的实现仍旧如此)。 所有程序都全屏并且任何时刻只能看到一个程序的输出,这个限制显然不能满足人们使用计算机的需求, 于是就有了 窗口 的概念,有了 桌面隐喻 。

**Desktop Metaphor** 

在桌面隐喻中每个窗口只占用显示面积的一小部分,有其显示的位置和大小,可以互相遮盖。于是栈式窗口管理器就是在图形界面中实现桌面隐喻的核心功能,其实现方式大体就是:给每个窗口一个相对的"高度"或者说"远近",比较高的窗口显得距离用户比较近,会覆盖其下比较低的窗口。绘图的时候窗口管理器会从把窗口按高低排序,按照从低到高的顺序使用画家算法绘制整个屏幕。

这里还要补充一点说明,在当时图形界面的概念刚刚普及的时候,绘图操作是非常"昂贵"的。 可以想象一下 800x600 像素的显示器输出下,每帧 真彩色 位图就要占掉  $800\times600\times3\approx1.4$  MiB 的内存大小,30 Hz 的刷新率(也就是30 FPS)下每秒从 CPU 传往绘图设备的数据单单位图就需要  $1.4\times30=41$  MiB 的带宽。对比一下当时的 VESA 接口 总的数据传输能力也就是 25 MHz  $\times$  32 bits = 100 MiB/s 左右,而 Windows 3.1 的最低内存需求是 1 MB,对当时的硬件而言无论是显示设备、内存或是CPU,这无疑都是一个庞大的负担。

于是在当时的硬件条件下采用栈式窗口管理器有一个巨大 **优势**:如果正确地采用画家算法,并且合理地控制重绘时 **只绘制没有被别的窗口覆盖的部分**,那么无论有多少窗口互相 遮盖,都可以保证每次绘制屏幕的最大面积不会超过整个显示器的面积。 同样因为实现方式栈式窗口管理器也有一些难以回避的 **限制**:

- 1. 窗口必须是矩形的,不能支持不规则形状的窗口。
- 2. 不支持透明或者半透明的颜色。
- 为了优化效率,在缩放窗口和移动窗口的过程中, 窗口的内容不会得到重绘请求,必须等到缩放或 者移动命令结束之后窗口才会重绘。

以上这些限制在早期的 X11 窗口管理器比如 twm 以及 XP 之前经典主题的 Windows 或者经典的 Mac OS 上都能看到。在这些早期的窗口环境中,如果你拖动或者缩放一个窗口,那么将显示变化后的窗口边界, 这些用来预览的边界用快速的位图反转方式绘制。当你放开鼠标的时候才会触发窗口的 重绘事件。虽然有很多方法或

者说技巧能绕过这些限制,比如 Windows XP 上就支持 了实时的 重绘事件和不规则形状的窗口剪裁,不过这些 技巧都是一连串的 hack ,难以扩展。

# NeXTSTEP 与 Mac OS X 中混成器的发展

#### NeXTSTEP 桌面



转眼进入了千禧年, Windows 称霸了 PC 产业,苹果为重振 Macintosh 请回了 Jobs 基于 NeXTSTEP 开发 Mac OSX 。

NeXTSTEP 在当时提供的 GUI 界面技术相比较于同年代的 X 和 Windows 有一个很特别的地方:拖动滚动条或者移动窗口的时候,窗口的内容是 **实时更新** 的,这比只显示一个缩放大小的框框来说被认为更直观。 而实现这个特性的基础是在 NeXTSTEP 中运用了 Display PostScript (DPS) 技术,简单地说,就是每个窗口并非直接输出到显示设备,而是把内容输出到 (Display) PostScript 格式交给窗口管理器,然后窗口管理器再在需要的时候把 PostScript 用软件解释器解释成位图显示在屏幕上。



比起让窗口直接绘制,这种方案在滚动和移动窗口的时候不需要重新渲染保存好的 DPS , 所以能实现实时渲染。到了实现 Mac OS X 的时候,为了同时兼容老的Mac 程序 API (carbon) 以及更快的渲染速度,以及考虑到 Adobe 对苹果收取的高昂的 Display PostScript 授权费, Mac OS X 的 Quartz 技术在矢量图的 PDF 描述模型和最终渲染之间又插入了一层抽象:



#### **Mission Control**



也就是说在 Mac OS X 中无论窗口用何种方式绘图,都会绘制输出成一副内存中的位图交给混成器, 而后者再在需要的时候将位图混成在屏幕上。这种设计使得2001年3月发布的 Mac OS X v10.0 成为了第一个广泛使用的具有软件混成器的操作系统。

到了 Mac OS X v10.2 的时候,苹果又引入了 Quartz Extreme 让最后的混成渲染这一步发生在 显卡上。然后在 2003年1月公开亮相的 Mac OS X v10.3 中,他们公布

了 Exposé (后来改名为 Mission Control) 功能,把窗口的缩略图(而不是事先绘制的图标)并排显示在桌面上, 方便用户挑选打开的窗口。

由于有了混成器的这种实现方式,使得可能把窗口 渲染的图像做进一步加工,添加阴影、三维和动画效 果。 这使得 Mac OS X 有了美轮美奂的动画效果和 Exposé 这样的方便易用的功能。 或许对于乔布斯而言, 更重要的是因为有了混成器,窗口的形状终于能显示为 他 梦寐以求 的 圆角矩形 了!

## 插曲:昙花一现的 Project Looking Glass 3D

在苹果那边刚刚开始使用混成器渲染窗口的 2003
Sun Microsystems

年,昔日的 升阳公司 则在 Linux 和 Solaris 上用 Java3D 作出了另一个炫酷到没有朋友的东西,被他们命名为 Project Looking Glass 3D (缩写LG3D,别和 Google 的 Project Glass 混淆呀)。这个项目的炫酷实在难以用言语描述,好在还能找到两段视频展示它的效果。





LG3D



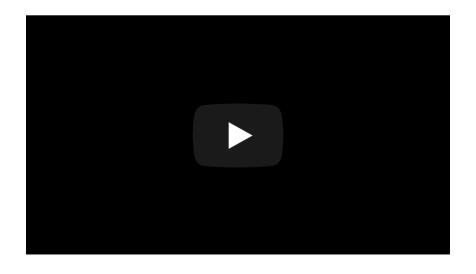
如视频中展示的那样,LG3D 完全突破了传统的栈式窗口管理方式,在三维空间中操纵二维的窗口平面,不仅像传统的窗口管理器那样可以缩放和移动窗口,还能够旋转角度甚至翻转到背面去。从视频中难以体会到的一点是,LG3D 在实现方式上与 Mac OS X 中的混成器有一个本质上的不同,那就是处于(静止或动画中)缩放或旋转状态下的窗口是 可以接受输入事件的。这一重要区别在后面 Wayland 的说明中还会提到。 LG3D 项目展示了窗口管理器将如何突破传统的栈式管理的框架,可以说代表了窗口管理器的未来发展趋势。

LG3D 虽然以 GPL 放出了实现的源代码,不过整个项目已经停滞开发许久了。 官方曾经放出过一个 预览版的 LiveCD。可惜时隔久远(12年前了)在我的VirtualBox 上已经不能跑起来这个 LiveCD 了……

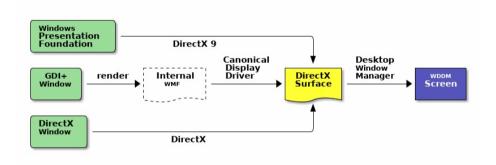
更为可惜的是,就在这个项目刚刚公开展示出来的时候,乔布斯就致电升阳,说如果继续商业化这个产品,升阳公司将涉嫌侵犯苹果的知识产权(时间顺序上来看,苹果最初展示 Exposé 是在 2003年6月23日的Apple Worldwide Developers Conference,而升阳最初展示 LG3D 是在 2003年8月5日的 LinuxWorld Expo)。虽然和乔布斯的指控无关,升阳公司本身的业务也着重于服务器端的业务,后来随着升阳的财政困难,这个项目也就停止开发并不了了之了。

### Windows 中的混成器

Longhorn 中的 Wobbly 效果



上面说到,Windows 系列中到 XP 为止都还没有使用混成器绘制窗口。看着 Mac OS X 上有了美轮美奂的动画效果,Windows 这边自然不甘示弱。于是同样在2003 年展示的 Project Longhorn 中就演示了 wobbly效果的窗口,并且跳票推迟多年之后的 Windows Vista中实现了完整的混成器 Desktop Window Manager (DWM)。整个 DWM 的架构和 Mac OS X 上看到的很像:



和 Mac OS X 的情况类似, Windows Vista 之后的应用程序有两套主要的绘图库,一套是从早期 Win32API 就沿用至今的 GDI(以及GDI+),另一套是随着 Longhorn 计划开发出的 WPF。 WPF 的所有用户界面控件都绘制在 DirectX 贴图上,所以使用了 WPF 的程序也可以看作是 DirectX 程序。而对老旧的 GDI 程序而言,它们并不是直接绘制到 DirectX 贴图的。首先每一个 GDI 的绘图操作都对应一条 Windows Metafile (WMF) 记录,所以WMF 就可以看作是 Mac OS X 的 Quartz 内部用的 PDF或者 NeXTSTEP 内部用的 DPS,它们都是矢量图描述。随后,这些 WMF 绘图操作被通过一个 Canonical Display Driver (cdd.dll) 的内部组建转换到 DirectX 平

面,并且保存起来交给 DWM。最后, DWM 拿到来自 CDD 或者 DirectX 的平面,把它们混合起来绘制在屏幕上。

值得注意的细节是,WPF 底层的绘图库几乎肯定有 C/C++ 绑定对应, Windows 自带的不少应用程序 和 Office 2007 用了 Ribbon 之后的版本都采用这套绘图引擎,不过微软没有公开这套绘图库的 C/C++ 实现的底层细节,而只能通过 .Net 框架的 WPF 访问它。这一点和 OS X 上只能通过 Objective-C 下的 Cocoa API 调用 Quartz 的情况类似。

另外需要注意的细节是 DirectX 的单窗口限制在Windows Vista 之后被放开了,或者严格的说是 基于WDDM 规范下的显卡驱动支持了多个 DirectX 绘图平面。在早期的 Windows 包括 XP 上,整个桌面上同一时刻只能有一个程序的窗口处于 DirectX 的 **直接绘制** 模式,而别的窗口如果想用 DirectX 的话,要么必须改用软件渲染要么就不能工作。 这种现象可以通过打开多个播放器或者窗口化的游戏界面观察到。 而在 WDDM 规范的Vista 中,所有窗口最终都绘制到 DirectX 平面上,换句话说每个窗口都是 DirectX 窗口。又或者我们可以认为,整个界面上只有一个真正的窗口也就是 DWM 绘制的全屏窗口,只有 DWM 处于 DirectX 的直接渲染模式下,而别的窗口都输出到 DirectX 平面里(可能通过了硬件加速)。

由 DWM 的这种实现方式,可以解释为什么 窗口模式下的游戏总是显得比较慢 ,原因是整个桌面有很多不同的窗口都需要 DWM 最后混成,而如果在全屏模式下,

只有游戏 处于 DirectX 的直接渲染方式,从而不会浪费 对游戏而言宝贵的 GPU 资源。

由于 DWM 实现了混成器,使得 Vista 和随后的 Windows 7 有了 Aero Glass 的界面风格, 有了 Flip 3D、Aero Peek 等等的这些辅助功能和动画效果。 这套渲染方式延续到 Windows 8 之后,虽然 Windows 8 还提出了 Modern UI 不过传统桌面上的渲染仍旧是依靠混成器来做的。

## 这就结束了? Linux 桌面 呢?

别急,我写这些文章的目的是想聊聊 Linux 中的混成器,尤其是 X 下现有的混成器和 Wayland ,这篇文章只是个背景介绍。关于 X 中混成器的实现方式和限制,且听我下回分解。