

图1-27 在网络上的客户机-服务器模型

1.7.5 虚拟机

OS/360的最早版本是纯粹的批处理系统。然而，有许多360用户希望能够在终端上交互工作，于是在IBM公司内外的一些研究小组决定为它编写一个分时系统。在后来推出了正式的IBM分时系统，TSS/360。但是它非常庞大，运行缓慢，于是在花费了约五千万美元的研制费用后，该系统最后被弃之不用（Graham, 1970）。但是在麻省剑桥的一个IBM研究中心开发了另一个完全不同的系统，这个系统被IBM最终用作为产品。它的直接后续，称为z/VM，目前在IBM的现有大型机上广泛使用，zSeries则在大型公司的数据中心中广泛应用，例如，作为e-commerce服务器，它们每秒可以处理成百上千个事务，并使用达数百万G字节的数据库。

1. VM/370

这个系统最初被命名为CP/CMS，后来改名为VM/370（Seawright和MacKinnon, 1979）。它是源于如下一种机敏的观察。分时系统应该提供这些功能：（1）多道程序，（2）一个比裸机更方便的、有扩展界面的计算机。VM/370存在的目的是将二者彻底地隔离开来。

这个系统的核心称为虚拟机监控程序（virtual machine monitor），它在裸机上运行并且具备了多道程序功能。该系统向上层提供了若干台虚拟机，如图1-28所示。它不同于其他操作系统的地方是：这些虚拟机不是那种具有文件等优良特征的扩展计算机。与之相反，它们仅仅是裸机硬件的精确复制品。这个复制品包含了内核态/用户态、I/O功能、中断及其他真实硬件所应该具有的全部内容。

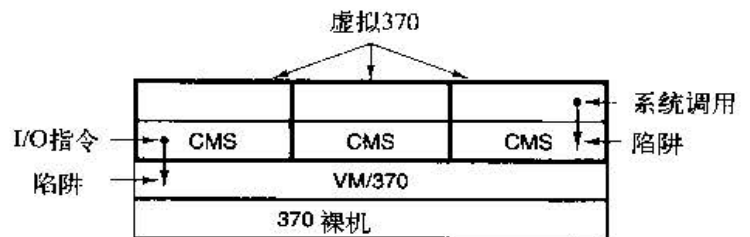


图1-28 配有CMS的VM/370结构

由于每台虚拟机都与裸机相同，所以在每台虚拟机上都可以运行一台裸机所能够运行的任何类型的操作系统。不同的虚拟机可以运行不同的操作系统，而且实际上往往就是如此。在早期的VM/370系统上，有一些系统运行OS/360或其他大型批处理或事务处理操作系统中的某一个，而另一些虚拟机运行单用户、交互式系统供分时用户们使用，这个系统称为会话监控系统（Conversational Monitor System, CMS）。后者在程序员中很流行。

当一个CMS程序执行系统调用时，该调用被陷入到其虚拟机的操作系统上，而不是VM/370上，似乎它运行在实际的机器上，而不是在虚拟机上。CMS然后发出普通的硬件I/O指令读出虚拟磁盘或其他需要执行的调用。这些I/O指令由VM/370陷入，然后，作为对实际硬件模拟的一部分，VM/370完成指令。通过对多道程序功能和提供扩展机器二者的完全分离，每个部分都变得非常简单，非常灵活且容易维护。

虚拟机的现代化身，z/VM，通常用于运行多个完整的操作系统，而不是简化成如CMS一样的单用户系统。例如，zSeries有能力随着传统的IBM操作系统一起，运行一个或多个Linux虚拟机。

2. 虚拟机的再次发现

IBM拥有虚拟机产品已经有四十年了，而有少数公司，包括Sun Microsystems公司和Hewlett-Packard等公司，近来也在他们的高端企业服务器上增加对虚拟机的支持，在PC机上，直到最近之前，