

为了隐藏每个磁道有多少扇区的细节,大多数现代磁盘都有一个虚拟几何规格呈现给操作系统。软件在工作时仿佛存在着 $x$ 个柱面、 $y$ 个磁头、每磁道 $z$ 个扇区,而控制器则将对 $(x, y, z)$ 的请求重映射到实际的柱面、磁头和扇区。对于图5-19a中的物理磁盘,一种可能的虚拟几何规格如图5-19b所示。在两种情形中磁盘拥有的扇区数都是192,只不过公布的排列与实际的排列是不同的。

对于PC机而言,上述三个参数的最大值常常是(65 535, 16, 63),这是因为需要与最初IBM PC的限制向后兼容。在IBM PC机器上,使用16位、4位和6位的字段来设定这些参数,其中柱面和扇区从1开始编号,磁头从0开始编号。根据这些参数以及每个扇区512字节可知,磁盘最大可能的容量是31.5GB。为突破这一限制,所有现代磁盘现在都支持一种称为逻辑块寻址(logical block addressing, LBA)的系统,在这样的系统中,磁盘扇区从0开始连续编号,而不管磁盘的几何规格如何。

## 2. RAID

在过去十多年里,CPU的性能一直呈现出指数增长,大体上每18个月翻一番。但是磁盘的性能就不是这样了。20世纪70年代,小型计算机磁盘的平均寻道时间是50~100毫秒,现在的寻道时间略微低于10毫秒。在大多数技术产业(如汽车业或航空业)中,在20年之内有5~10倍的性能改进就将是重大的新闻(想象300 MPG的轿车<sup>①</sup>),但是在计算机产业中,这却是一个窘境。因此,CPU性能与磁盘性能之间的差距随着时间的推移将越来越大。

正如我们已经看到的,为了提高CPU的性能,越来越多地使用了并行处理。在过去许多年,很多人也意识到并行I/O是一个很好的思想。Patterson等人在他们1988年写的文章中提出,使用六种特殊的磁盘组织可能会改进磁盘的性能、可靠性或者同时改进这两者(Patterson 等人, 1988)。这些思想很快被工业界所采纳,并且导致称为RAID的一种新型I/O设备的诞生。Patterson等人将RAID定义为Redundant Array of Inexpensive Disk(廉价磁盘冗余阵列),但是工业界将I重定义为Independent(独立)而不是Inexpensive(廉价),或许这样他们就可以收取更多的费用?因为反面角色也是需要的(如同RISC对CISC,这也是源于Patterson),此处的“坏家伙”是SLED(Single Large Expensive Disk,单个大容量昂贵磁盘)。

RAID背后的基本思想是将一个装满了磁盘的盒子安装到计算机(通常是一个大型服务器)上,用RAID控制器替换磁盘控制器卡,将数据复制到整个RAID上,然后继续常规的操作。换言之,对操作系统而言一个RAID应该看起来就像是一个SLED,但是具有更好的性能和更好的可靠性。由于SCSI盘具有良好的性能、较低的价格并且在单个控制器上能够容纳多达7个驱动器(对宽型SCSI而言是15个),很自然地大多数RAID由一个RAID SCSI控制器加上一个装满了SCSI盘的盒子组成,而对操作系统而言这似乎就是一个大容量磁盘。以这样的方法,不需要软件做任何修改就可以使用RAID,对于许多系统管理员来说这可是一大卖点。

除了对软件而言看起来就像是一个磁盘以外,所有的RAID都具有同样的特性,那就是将数据分布在全部驱动器上,这样就可以并行操作。Patterson等人为这样的操作定义了几种不同的模式,它们现在被称为0级RAID到5级RAID。此外,还有少许其他的辅助层级,我们就不讨论了。“层级”这一术语多少有一些用词不当,因为此处不存在分层结构,它们只是可能的六种不同组织形式而已。

0级RAID如图5-20a所示。它将RAID模拟的虚拟单个磁盘划分成条带,每个条带具有 $k$ 个扇区,其中扇区 $0 \sim k-1$ 为条带0,扇区 $k \sim 2k-1$ 为条带1,以此类推。如果 $k=1$ ,则每个条带是一个扇区;如果 $k=2$ ,则每个条带是两个扇区;以此类推。0级RAID结构将连续的条带以轮转方式写到全部驱动器上,图5-20a所示为具有四个磁盘驱动器的情形。

像这样将数据分布在多个驱动器上称为划分条带(striping)。例如,如果软件发出一条命令,读取一个由四个连续条带组成的数据块,并且数据块起始于条带边界,那么RAID控制器就会将该命令分解为四条单独的命令,每条命令对应四块磁盘中的一块,并且让它们并行操作。这样我们就运用了并行I/O而软件并不知道这一切。

0级RAID对于大数据量的请求工作性能最好,数据量越大性能就越好。如果请求的数据量大于驱动器数乘以条带大小,那么某些驱动器将得到多个请求,这样当它们完成了第一个请求之后,就会开始处

① MPG是Miles Per Gallon的缩写,即每加仑燃油可以跑多少英里。各国政府对车辆燃油经济性的要求越来越高,目前30 MPG标准成为衡量各家公司车型竞争力度的标杆。——译者注