硬盘

第一节 概要

硬盘（英语：Hard Disk Drive，简称HDD）是电脑上使用坚硬的旋转盘片为基础的不挥发性存储设备，它在平整的磁性表面存储和检索数字数据，信息通过距离磁性表面很近的磁头，由电磁流来改变极性的方式被电磁流写到磁盘上，信息可以通过相反的方式读取，例如读取头经过纪录数据的上方时磁场导致线圈中电气信号的改变。硬盘的读写是采用随机存取的方式，因此可以以任意顺序读取硬盘中的数据。

硬盘是由IBM在1956年开始使用，在1960年代初成为通用式电脑中主要的辅助存放设备，随着技术的进步，硬盘也成为服务器及个人电脑的主要组件。

早期的硬盘存储介质是可替换的，不过今日典型的硬盘采用的是固定的存储介质，碟片与磁头被封装在机身里（除了一个有过滤的气孔，用来平衡工作时产生的热量导致的气压差）。

第二节 物理结构

磁盘是由一至数片坚硬材料制成的并涂以磁性介质的盘片压制而成。每个盘有两面，每面各有一个磁头，都可记录信息。硬盘的物理结构一般由磁头与碟片、电动机、主控芯片与排线等部件组成；当主电动机带动碟片旋转时，副电动机带动一组（磁头）到相对应的碟片上并确定读取正面还是反面的碟面，磁头悬浮在碟面上画出一个与碟片同心的圆形轨道（磁轨或称柱面），这时由磁头的磁感线圈感应碟面上的磁性与使用硬盘厂商指定的读取时间或数据间隔定位扇区，从而得到该扇区的数据内容。

磁头划碰是一种硬盘故障，在硬盘读写头和旋转的硬盘片接触时发生，在磁盘表面的介质产生永久不可恢复的损害。

磁头通常包裹在盘片表面的很薄的空气层中（1990年代中期采用薄液体层）。盘片的最上层是聚四氟乙烯类似的物质，作为润滑剂。下面是一层溅射碳。这两层保护磁层（数据存储区），防止读写头的意外接触。

磁盘读写头使用薄膜技术，材料足够坚硬，较难通过保护层划伤。磁头划碰比较可能是由于外力通过读写头，对盘片产生足够的压力，导致磁性存储层划伤。其他的污垢或碎屑，过度冲击或振动，意外掉落，能使读写头对盘片造成冲击，在这个过程中通常损坏读写头。

第三节 柱面-磁头-扇区寻址方法

磁道：磁盘上划分了很多个同心圆，这些同心圆就是磁道。但打开硬盘，用户不能看到这些，实际上磁道是被磁头磁化的同心圆。磁道之间是有间隔的，因为磁化单元太近会产生干扰。当磁盘旋转时，磁头若保持在一个位置上，则每个磁头都会在磁盘表面划出一个圆形轨迹，这些圆形轨迹就叫做磁道（Track）。

柱面-磁头-扇区（英语：Cylinder-head-sector，简称为CHS）是早期对硬盘驱动器的每一个物理数据块进行编址的一种方法。就软盘驱动器而言，可对同一磁盘介质进行低级格式化而得到不同的容量。一个硬盘的容量=柱面数（或磁道数）×磁头数×扇区数×每个扇区的大小（通常是512字节)。

柱面：在有多个盘片构成的盘组中，由不同盘片的面，但处于同一半径圆的多个磁道组成的一个圆柱面（Cylinder）。

假如一块磁盘只有3个磁盘片，每块盘片的磁道数是相等的.从外圈开始，这些磁道被分成了0磁道、1磁道、2磁道……。具有相同磁道编号的同心圆组成面就称作柱面。为了便于理解，柱面可以看作没有底的铁桶。柱面数就是磁盘上的磁道数。柱面是硬盘分区的最小单位。

扇区：在计算机磁盘存储器，一个扇区（英文：sector）是磁盘或光盘上一个磁道的分区。每个扇区存储固定数量用户可访问的数据，传统上512字节对于硬盘驱动器（HDD）和2048字节对于CD-ROM和DVD-ROM。较新的硬盘驱动器使用4096字节（4 KiB）扇区，这被称为Advanced Format（AF）。

磁盘上的每个磁道被等分为若干个弧段，这些弧段便是硬盘的扇区（Sector）。硬盘的第一个扇区，叫做引导扇区。

第四节 引导扇区

引导扇区是硬盘、软盘或类似的数据存储设备的一个扇区，内含负责引导（booting）“存放在碟片（disk）的其他部分的程序（通常，但不必然是操作系统）”的机器码。

引导扇区有两种：

Volume Boot Record 是磁盘未被分区的第一个扇区，或已分区的分区的第一个扇区，包含了加载与唤起操作系统(放在这个分区之内或放在这个磁盘上)的码。

Master Boot Record 是磁盘已被分区的第一个扇区，它包含定位活动分区与唤起它的VBR的码。

IBM PC兼容机上，BIOS不在意VBR与MBR的不同，甚至分区。固件只是加载并运行磁盘的第一个扇区(sector)，在MBR里的码，才知道磁盘分区消息；且是负责加载引导活动分区的VBR的地方。

如果你从“一个没有安装操作系统的磁盘”引导，屏幕会显示"Please Insert a bootable disc and press a key"；这是开机扇区(boot sector)显示的，而不是机器的固件。

主引导记录（Master Boot Record，缩写：MBR），又叫做主引导扇区，是电脑开机后访问硬盘时所必须要读取的首个扇区，主引导扇区记录着硬盘本身的相关消息以及硬盘各个分区的大小及位置消息，是数据消息的重要入口。如果它受到破坏，硬盘上的基本数据结构消息将会丢失，需要用繁琐的方式试探性的重建数据结构消息后才可能重新访问原先的数据，对于那些扇区为512位组的磁盘，MBR分区表不支持容量大于2.2TB（2.2×1012字节）的分区。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准MBR结构 | | | | | |
| **地址** | | | **描述** | | **长度** |
| Hex | Oct | Dec | （字节） |
| 0 | 0 | 0 | 代码区 | | **440** |
| （最大446） |
| 01B8 | 670 | 440 | 选用磁盘标志 | | 4 |
| 01BC | 674 | 444 | 一般为空值; 0x0000 | | 2 |
| 01BE | 676 | 446 | **标准MBR分区表规划** | | **64** |
| （四个16 byte的主分区表入口） | |
| 01FE | 776 | 510 | 55h | MBR有效标志： | **2** |
| 01FF | 777 | 511 | AAh | 0x55AA |
| **MBR，总大小：446 + 64 + 2 =** | | | | | **512** |

主引导记录（Master Boot Record，缩写：MBR），又叫做主引导扇区，是计算机开机后访问硬盘时所必须要读取的首个扇区，它在硬盘上的三维地址为（柱面，磁头，扇区）＝（0，0，1）。在深入讨论主引导扇区内部结构的时候，有时也将其开头的446字节内容特指为“主引导记录”（MBR），其后是4个16字节的“磁盘分区表”（DPT），以及2字节的结束标志（55AA）。因此，在使用“主引导记录”（MBR）这个术语的时候，需要根据具体情况判断其到底是指整个主引导扇区，还是主引导扇区的前446字节。

主引导扇区记录着硬盘本身的相关信息以及硬盘各个分区的大小及位置信息，是数据信息的重要入口。如果它受到破坏，硬盘上的基本数据结构信息将会丢失，需要用繁琐的方式试探性的重建数据结构信息后才可能重新访问原先的数据。主引导扇区内的信息可以通过任何一种基于某种操作系统的分区工具软件写入，但和某种操作系统没有特定的关系，即只要创建了有效的主引导记录就可以引导任意一种操作系统（操作系统是创建在高级格式化的硬盘分区之上，是和一定的文件系统相联系的）。

对于硬盘而言，一个扇区可能的字节数为128×2n（n=0,1,2,3）。大多情况下，取n=2，即一个扇区（sector）的大小为512字节。

主引导记录最开头是第一阶段引导代码。其中的硬盘引导程序的主要作用是检查分区表是否正确并且在系统硬件完成自检以后将控制权交给硬盘上的引导程序（如GNU GRUB）。它不依赖任何操作系统，而且启动代码也是可以改变的，从而能够实现多系统引导。

第五节 硬盘分区表

硬盘分区表占据主引导扇区的64个字节（偏移01BEH--偏移01FDH），可以对四个分区的信息进行描述，其中每个分区的信息占据16个字节。具体每个字节的定义可以参见硬盘分区结构信息。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 硬盘分区结构信息 | | |
| **偏移** | **长度 （字节）** | **意义** |
| 00H | 1 | 分区状态：00-->非活动分区；80-->活动分区； |
| 其它数值没有意义 |
| 01H | 1 | 分区起始磁头号（HEAD），用到全部8位 |
| 02H | 2 | 分区起始扇区号（SECTOR），占据02H的位0－5； |
| 该分区的起始磁柱号（CYLINDER），占据 |
| 02H的位6－7和03H的全部8位 |
| 04H | 1 | 文件系统标志位 |
| 05H | 1 | 分区结束磁头号（HEAD），用到全部8位 |
| 06H | 2 | 分区结束扇区号（SECTOR），占据06H的位0－5； |
| 该分区的结束磁柱号（CYLINDER），占据 |
| 06H的位6－7和07H的全部8位 |
| 08H | 4 | 分区起始相对扇区号 |
| 0CH | 4 | 分区总的扇区数 |

下面是一个例子：

如果某一分区在硬盘分区表的信息如下

80 01 01 00 0B FE BF FC 3F 00 00 00 7E 86 BB 00

则我们可以看到，最前面的"80"是一个分区的激活标志，表示系统可引导；"01 01 00"表示分区开始的磁头号为1，开始的扇区号为1，开始的柱面号为0；"0B"表示分区的系统类型是FAT32，其他比较常用的有04（FAT16）、07（NTFS）；"FE BF FC"表示分区结束的磁头号为254，分区结束的扇区号为63、分区结束的柱面号为764；"3F 00 00 00"表示首扇区的相对扇区号为63（小端序）；"7E 86 BB 00"表示总扇区数为12289662（小端序）。

对于大于8.4G的现代硬盘，CHS已经无法表示, BIOS使用LBA模式，对于超出的部分，CHS值通常设为0xFEFFFF，并加以忽略，直接使用Offset 0x08-0x0c的4字节相对值，再进行内部转换。

结束标志字55，AA（偏移1FEH－偏移1FFH）最后两个字节，是检验主引导记录是否有效的标志。

主引导记录与硬盘分区

从主引导记录的结构可以知道，它仅仅包含一个64个字节的硬盘分区表。由于每个分区信息需要16个字节，所以对于采用MBR型分区结构的硬盘，最多只能识别4个主要分区（Primary partition）。所以对于一个采用此种分区结构的硬盘来说，想要得到4个以上的主要分区是不可能的。这里就需要引出扩展分区了。扩展分区也是主要分区的一种，但它与主分区的不同在于理论上可以划分为无数个逻辑分区。

扩展分区中逻辑驱动器的引导记录是链式的。每一个逻辑分区都有一个和MBR结构类似的扩展引导记录（EBR），其分区表的第一项指向该逻辑分区本身的引导扇区，第二项指向下一个逻辑驱动器的EBR，分区表第三、第四项没有用到。

Windows系统默认情况下，一般都是只划分一个主分区给系统，剩余的部分全部划入扩展分区。这里有下面几点需要注意：

在MBR分区表中最多4个主分区或者3个主分区＋1个扩展分区，也就是说扩展分区只能有一个，然后可以再细分为多个逻辑分区。

在Linux系统中，硬盘分区命名为sda1－sda4或者hda1－hda4（其中a表示硬盘编号可能是a、b、c等等）。在MBR硬盘中，分区号1－4是主分区（或者扩展分区），逻辑分区号只能从5开始。

在MBR分区表中，一个分区最大的容量为2T，且每个分区的起始柱面必须在这个disk的前2T内。你有一个3T的硬盘，根据要求你至少要把它划分为2个分区，且最后一个分区的起始扇区要位于硬盘的前2T空间内。[3]如果硬盘太大则必须改用GPT。

主引导扇区的读取流程

系统开机或者重启。

BIOS加电自检（Power On Self Test -- POST）。BIOS执行内存地址为FFFF:0000H处的跳转指令，跳转到固化在ROM中的自检程序处，对系统硬件（包括内存）进行检查。

读取主引导记录（MBR）。当BIOS检查到硬件正常并与CMOS中的设置相符后，按照CMOS中对启动设备的设置顺序检测可用的启动设备。BIOS将相应启动设备的第一个扇区（也就是MBR扇区）读入内存地址为0000:7C00H处。

检查0000:7CFEH-0000:7CFFH（MBR的结束标志位）是否等于55AAH，若不等于则转去尝试其他启动设备，如果没有启动设备满足要求则显示"NO ROM BASIC"然后死机。

当检测到有启动设备满足要求后，BIOS将控制权交给相应启动设备。启动设备的MBR将自己复制到0000:0600H处，然后继续执行。

根据MBR中的引导代码启动引导程序。

事实上，BIOS不仅检查0000:7CFEH-0000:7CFFH（MBR的结束标志位）是否等于55AAH，往往还对磁盘是否有写保护、主引导扇区中是否存在活动分区等进行检查。如果发现磁盘有写保护，则显示磁盘写保护出错信息；如果发现磁盘中不存在活动分区，则显示类似如下的信息“Remove disk or other media Press any key to restart”。

全局唯一标识分区表（GUID Partition Table，缩写：GPT）是一个实体硬盘的分区表的结构布局的标准。它是可扩展固件接口（EFI）标准（被Intel用于替代个人计算机的BIOS）的一部分。GPT分配64bits给逻辑块地址，因而使得最大分区大小在264-1个扇区成为了可能。对于每个扇区大小为512字节的磁盘，那意味着可以有9.4ZB（9.4 x 1021字节）或8 ZiB-512字节（9,444,732,965,739,290,426,880字节或 18,446,744,073,709,551,615（264-1）个扇区x 512（29）字节每扇区）。

与支持最大卷为2 TB（Terabytes）并且每个磁盘最多有4个主分区（或3个主分区，1个扩展分区和无限制的逻辑驱动器）的MBR磁盘分区的样式相比，GPT磁盘分区样式支持最大卷为128 EB（Exabytes）并且每磁盘的分区数没有上限，只受到操作系统限制（由于分区表本身需要占用一定空间，最初规划硬盘分区时，留给分区表的空间决定了最多可以有多少个分区，IA-64版Windows限制最多有128个分区，这也是EFI标准规定的分区表的最小尺寸）。与MBR分区的磁盘不同，至关重要的平台操作数据位于分区，而不是位于非分区或隐藏扇区。另外，GPT分区磁盘有备份分区表来提高分区数据结构的完整性。