

磁盘数据

安全技术与编程实例

Secure Technique of Disk Data

and Programming Examples

郑平泰 等编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

磁盘数据安全技术与编程实例

郑平泰 等编著

中国水利水电出版社

内 容 提 要

信息安全事关国家安全、经济发展,因此必须采取措施确保信息安全。本书从实用的角度出发,介绍了硬盘的物理结构、硬盘的数据存储结构、FAT 文件系统、NTFS 文件系统和 EFS 文件系统,并针对数据安全的研究领域,如磁盘扇区的绝对读写技术、数据的安全删除技术、数据加密技术、数据隐藏技术以及文件的分割与合并技术等方面,以实例的形式进行了详细的介绍。

本书深入浅出、内容广泛,可供从事计算机信息安全、数据恢复和信息安全软件研发的各大专院校学生、教师和研究人員参考,也可供有一定计算机软硬件知识的电脑爱好者、工程技术人员和其他相关专业人士阅读。

本书所有应用实例的源代码可从中国水利水电出版社网站上免费下载,网址为 <http://www.waterpub.com.cn/softdown/>。

图书在版编目(CIP)数据

磁盘数据安全技术与编程实例 / 郑平泰等编著. —北京:
中国水利水电出版社, 2007

ISBN 978-7-5084-4401-7

I. 磁… II. 郑… III. 电子计算机—数据管理—安全技术
IV. TP309.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 021809 号

书 名	磁盘数据安全技术与编程实例
作 者	郑平泰 等编著
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net(万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 63202266(总机) 68331835(营销中心) 82562819(万水) 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京市天竺颖华印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 23 印张 573 千字
版 次	2007 年 3 月第 1 版 2007 年 3 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	38.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

21 世纪是信息的时代，信息已经成为一种重要的战略资源，信息技术改变着人们的生活和工作方式，信息产业成为了新的经济增长点。信息的安全保障能力成为一个国家综合国力的重要组成部分。随着计算机技术的迅速发展与网络的普及，信息网络已成为社会发展的重要推动因素，计算机与网络技术的应用已渗透到政府、军事、文教与日常生活的各个方面。在社会经济生活中，有大量的重要数据，包括政府的宏观调控政策、商业经济信息、银行资金转账、股票证券、能源资源数据和科研数据等，其中有许多是敏感信息，甚至是国家机密的数据，这些数据需要存储、传送和交换，所以经常会吸引来自世界各地的各种人为攻击，包括信息窃取、数据篡改、数据删除、计算机病毒等，同时还要经受自然灾害等方面的考验。因此，磁盘数据安全技术是在各领域中都相当重要的技术。如何保护计算机数据的安全已成为计算机信息安全研究的热点，也越来越受到社会各界人士的关注。

硬盘是计算机系统中信息资源最重要的存储设备，其所存放信息资源的价值往往要远高于硬盘产品自身的价值。随着硬盘的日益小型化和存储容量的不断增大，在硬盘上存储的软件系统和数据信息也更加复杂化和大型化。近年来，新型硬盘无论在容量、速度和可靠性等方面都有了飞速发展，各类硬盘技术层出不穷，先进技术的注入使得计算机的硬件故障率大为降低。相反地，随着微机系统软件和应用软件的大型化和复杂化，计算机的软件故障却呈现上升趋势。硬盘数据的丢失，有时会造成不可弥补的损失，丢失数据的代价远远超过硬盘本身的价值。

本书特色

本书内容全面，坚持理论联系实际的原则，在理论方面介绍详细，在实际应用方面以编程实例为向导，增加了可操作性和实用性。总的来说，具有以下特色：

- 理论知识介绍详实

全面介绍了数据的载体——硬盘的发展简史、硬盘的关键技术以及硬盘的发展方向，其中重点介绍了硬盘的物理结构和硬盘数据的存储结构，使读者对硬盘上的数据存放方式、硬盘的分区、高级格式化和文件系统有个清楚细致的了解。

- 覆盖的关键技术广

对于 Windows 系统下 FAT、NTFS 文件系统，全面介绍了有关磁盘数据文件安全的关键技术，如硬盘扇区的绝对读写技术、数据文件的安全删除技术、数据加密技术和数据隐藏技术等。对于每一项关键技术都有详细的编程实例介绍。

- 源码实用，操作性强

书中的实例都是数据安全领域内的热点问题，实用性非常强，读者可以充分利用其中的代码，只需稍许改动便可应用到自己的系统中。通过详细介绍每一个实例的编程过程，

使读者可以轻松地掌握其中的内容。为了方便读者参考，本书全部应用实例的源代码可从中国水利水电出版社网站上免费下载。全部程序均编译通过，运行环境为 Windows 9x 和 Windows 2000/XP。

主要内容

本书共 10 章。前面 4 章属于理论基础介绍，后面 6 章属于安全技术的应用和相关技术的编程实现。第 1~2 章详细介绍了硬盘的物理结构和数据存储结构，以及硬盘的分区和高级格式化等。第 3 章介绍了 FAT 文件系统。第 4 章详细介绍了 NTFS 文件的组成，对 NTFS 文件属性进行了详细的分析。第 5 章详细介绍了如何利用加密文件系统 EFS 保护数据。第 6 章介绍了硬盘扇区的绝对读写方法和编程实例。第 7 章介绍了磁盘数据文件的安全删除方法和编程实例。第 8 章介绍了硬盘数据的加密方法和编程实例。第 9 章介绍了磁盘数据文件的隐藏方法和编程实例。第 10 章介绍了磁盘大文件的分割与合并技术和编程实例。

本书由和平鸽工作室全体成员齐心协力编写完成，是大家精诚团结才使本书顺利完成。参加本书编写工作的人员还有李贞、周勇为、朱伯鹏、张兵、汤立、陈学丽、顾洋、何凯、王丹、秦一凡、张建国、衣裘、郝冰、李惠彬、周大志、刘文涛、王瑞雪、张志刚、袁世杰、董慧、龙亦敏、韩鹏程、孟子刚、张宏斌、杨海涛、康敏、刘志强、李娟、陈爱华、周伟、杨小伟、曾国强、李卫东、张慧、李恒、刘国建、谢凯旋、张立国、刘立群、牛兴旺等。感谢对本书的出版提供支持的所有老师、编辑。由于水平有限，书中难免存在疏漏和错误之处，敬请各位读者朋友批评指正。读者如有疑问、意见或建议，请发邮件至 pingtaizheng@tom.com 或 liyuhua1973@yahoo.com。

和平鸽工作室
2006 年 3 月

目 录

前言

第 1 章 硬盘物理结构	1
1.1 硬盘的发展概述	1
1.1.1 硬盘的发展简史	1
1.1.2 硬盘的接口标准	2
1.1.3 硬盘的主要技术指标	4
1.1.4 RAID 磁盘阵列技术	7
1.1.5 硬盘发展的新技术	9
1.2 硬盘的基本结构	14
1.2.1 硬盘的外部结构	14
1.2.2 硬盘的内部结构	15
1.2.3 硬盘常见故障表现	17
1.2.4 硬盘故障处理	18
第 2 章 硬盘数据存储结构	20
2.1 硬盘的低级格式化	20
2.1.1 低级格式化的主要作用	20
2.1.2 硬盘的间隔因子	21
2.2 硬盘的分区及高级格式化	22
2.2.1 硬盘分区的类型及特点	22
2.2.2 硬盘分区及逻辑盘的划分	22
2.2.3 硬盘分区的主要功能	23
2.2.4 硬盘分区格式及逻辑盘容量大小的选择	24
2.3 硬盘数据的存储方式	26
2.3.1 磁盘数据的物理存储	26
2.3.2 硬盘的物理扇区与逻辑扇区	27
2.3.3 簇及簇大小的确定	28
2.3.4 硬盘物理地址及逻辑地址之间的转换	29
2.4 硬盘的主引导扇区分析	30
2.4.1 主引导扇区结构	30
2.4.2 主引导记录的功能及工作流程	31
2.4.3 分区表 DPT 结构	32
2.4.4 主引导分区	32

2.4.5	扩展分区	34
2.4.6	硬盘分区表项分析实例	35
第 3 章	FAT 文件系统	41
3.1	FAT 文件系统概述	41
3.2	FAT 文件系统引导扇区结构	42
3.2.1	FAT16 的 DBR 结构	42
3.2.2	FAT32 的 DBR 结构	44
3.2.3	FAT 的保留扇区	47
3.2.4	DBR 的主要功能及工作流程	47
3.3	磁盘文件分配表	48
3.3.1	簇与 FAT 链	48
3.3.2	分区中的扇区定位	51
3.3.3	磁盘的容量限制	52
3.3.4	目录项的结构	53
3.3.5	FAT16 文件系统中的目录项	54
3.3.6	FAT32 文件系统中的目录项	59
3.3.7	树型目录结构的实现	61
3.3.8	子目录下 FDT 表的扩充	63
3.4	FAT16 与 FAT32 文件系统结构的主要区别	64
3.4.1	磁盘数据组织结构的区别	64
3.4.2	DBR 结构的区别	64
3.4.3	FAT 表的区别	65
3.4.4	FDT 表及目录项的区别	66
第 4 章	NTFS 文件系统	67
4.1	NTFS 文件系统的特点	67
4.2	NTFS 分区的总体结构	69
4.3	NTFS 分区引导扇区分析	72
4.3.1	引导分区的 BPB 参数	73
4.3.2	NTLDR 区域	75
4.4	主控文件表与元数据	76
4.4.1	主控文件表的头信息	76
4.4.2	元数据文件	78
4.5	文件属性类型与元数据文件分析	80
4.5.1	属性头信息	83
4.5.2	NTFS 文件属性类型分析	90
4.5.3	NTFS 元数据文件分析	116
4.6	NTFS 的树型目录	137

4.6.1	目录的 MFT	138
4.6.2	文件索引的结构	139
第 5 章	EFS 加密文件系统	141
5.1	EFS 的工作原理	141
5.2	EFS 的使用方法	144
5.2.1	EFS 使用条件	144
5.2.2	备份恢复密钥	145
5.2.3	创建恢复代理	146
5.2.4	使用 EFS	148
5.2.5	启用 EFS 文件共享	150
5.2.6	导出数据恢复密钥	151
5.2.7	导入数据恢复密钥	153
5.2.8	恢复数据	156
第 6 章	硬盘扇区的绝对读写编程实例	158
6.1	DOS 下对磁盘扇区的读写技术	158
6.1.1	基本 INT 13H 调用简介	158
6.1.2	扩展 INT 13H 调用	159
6.2	Windows 9x/me 系统下的磁盘扇区读写技术	164
6.2.1	软盘的读写技术	165
6.2.2	硬盘的读写技术	166
6.2.3	程序实现步骤	168
6.3	Windows 2000/XP 系统下磁盘扇区读写技术	175
6.3.1	与文件、磁盘操作相关的 API 函数	175
6.3.2	程序实现原理	180
6.3.3	程序实现步骤	180
第 7 章	数据安全删除技术与编程实例	190
7.1	Windows 系统下文件的删除	190
7.1.1	FAT16 文件系统下文件的删除	190
7.1.2	FAT32 文件系统下文件的删除	193
7.1.3	FAT16 文件系统下子目录的删除	195
7.1.4	FAT32 文件系统下子目录的删除	196
7.1.5	NTFS 文件系统下文件的删除	198
7.2	FAT 磁盘数据文件的安全删除实例	201
7.2.1	程序实现原理	202
7.2.2	程序实现步骤	221
7.3	NTFS 磁盘数据文件的安全删除实例	224
7.3.1	程序实现原理	224

7.3.2	程序实现步骤	227
第 8 章	数据加密技术与编程实例	230
8.1	数据加密标准 DES 加密实例	230
8.1.1	DES 的加密过程	230
8.1.2	DES 的算法细节	232
8.1.3	程序实现步骤	237
8.2	高级数据加密标准 AES 加密实例	244
8.2.1	数学基础	245
8.2.2	RIJNDAEL 加密算法	246
8.2.3	RIJNDAEL 解密算法	250
8.2.4	程序实现步骤	252
8.3	TwoFish 加密算法编程实例	259
8.3.1	加密算法全过程	260
8.3.2	加密函数解析	262
8.3.3	密钥生成算法	264
8.3.4	程序实现步骤	268
8.4	RSA 公开密钥加密实例	275
8.4.1	RSA 加解密算法	275
8.4.2	RSA 的参数选择	276
8.4.3	程序实现步骤（注册机）	278
8.4.4	程序实现步骤（注册校验）	281
8.5	MD5 算法编程实例	284
8.5.1	算法的应用	285
8.5.2	算法描述	286
8.5.3	MD5 的安全性分析	289
8.5.4	程序实现步骤	289
第 9 章	数据隐藏技术与编程实例	295
9.1	信息隐藏技术概述	295
9.1.1	信息隐藏算法的基本框架	295
9.1.2	信息隐藏的关键技术	296
9.1.3	信息隐藏技术的研究动态和发展现状	299
9.2	基于 24 位 BMP 位图的信息隐藏编程实例	300
9.2.1	彩色图像的 BMP 文件格式	300
9.2.2	基于彩色静止数字图像的信息隐藏算法	303
9.2.3	程序实现步骤	304
9.3	基于一阶 Bézier 曲线的信息隐藏编程实例	318
9.3.1	一阶 Bézier 曲线对图像的隐藏与恢复	318

9.3.2	算法的改进	319
9.3.3	程序实现步骤	320
第 10 章	文件分割与合并技术与编程实例	330
10.1	文件分割与合并实例——单线程模式	330
10.1.1	程序实现原理	330
10.1.2	程序实现步骤	335
10.2	文件分割与合并实例——多线程模式	341
10.2.1	程序实现原理	341
10.2.2	程序实现步骤	345
参考文献	358

第 1 章 硬盘物理结构

1.1 硬盘的发展概述

硬盘 (Hard-Disk, HD) 是一种数据存储设备。硬盘是计算机数据存储的心脏, 是计算机系统稳定运作的重要保证。相对于 CPU 等主要依靠半导体技术的硬件来说, 硬盘是一个多技术交融的产物。机械技术、材料技术、电磁技术和半导体技术等多方面的顶尖技术在硬盘身上得到了完美的融合。IT 行业技术发展的整体要求和几大硬盘制造商之间的激烈竞争推动了硬盘技术的快速长足发展。硬盘的转速、缓存、容量、接口技术等方面, 较以前都有了很大的进步。

1.1.1 硬盘的发展简史

从第一块硬盘 RAMAC 的产生到现在单碟容量高达几十 GB 的硬盘, 它经历了几代的发展, 下面就简要介绍一下硬盘的发展史。

1956 年 9 月, IBM 的一个工程小组向世界展示了第一台磁盘存储系统 IBM 350 RAMAC (Random Access Method of Accounting and Control), 其磁头可以直接移动到盘片上的任何一块存储区域, 从而成功地实现了随机存储, 这套系统的总容量只有 5MB, 共使用了 50 个直径为 24 英寸的磁盘, 这些盘片表面涂有一层磁性物质, 它们被重叠地固定在一起, 绕着同一个轴旋转。RAMAC 在当时主要用于飞机预约、自动银行、医学诊断及太空技术等领域内。

1968 年 IBM 公司首次提出了“温彻斯特 (Winchester)”技术, 探讨对硬盘技术做重大改造的可能性。“温彻斯特”技术的精髓是“密封并固定高速旋转的镀磁盘片, 磁头沿盘片径向移动, 磁头悬浮在高速转动的盘片上方, 而不与盘片直接接触”, 这是现代绝大多数硬盘的原型。

1973 年 IBM 公司制造出第一块采用“温彻斯特”技术的硬盘, 从此硬盘技术的发展有了正确的结构基础。

1979 年 IBM 公司再次发明了薄膜磁头, 使得进一步减小硬盘体积、增大容量、提高读写速度成为了可能。

20 世纪 80 年代末 IBM 做出了对硬盘发展的又一项重大贡献, 即发明了磁阻 (Magneto Resistive, MR), 这种磁头在读取数据时对信号变化相当敏感, 使得盘片的存储密度能够比以往的每英寸 20MB 提高数十倍。

1991 年 IBM 公司生产的 3.5 英寸的硬盘使用了 MR 磁头, 使硬盘的容量首次达到了 1GB, 从此硬盘容量开始进入了 GB 数量级。

1999 年 9 月 7 日, Maxtor 推出了首块单碟容量高达 10.2GB 的 ATA 硬盘, 这预示着硬盘的发展已经进入了大容量时代。

2000 年 2 月 23 日, 希捷公司推出了转速高达 15000RPM 的 Cheetah X15 (捷豹) 系列硬

盘,其平均寻道时间只有 3.9ms,这是到目前为止世界上转速最高的硬盘;其性能相当于阅读完一整部莎士比亚全书只需 15s。此系列产品的内部数据传输率高达 48MB/s,数据缓存为 4MB~16MB,支持 Ultra160/m SCSI 及 Fibre Channel (光纤通道),这将硬盘外部数据传输率提高到了 160MB/s~200MB/s。总体来说,希捷的此款 Cheetah X15 系列将硬盘的性能提高到了又一个新的里程碑。

2000 年 3 月 16 日,硬盘领域又有新突破,第一款“玻璃硬盘”问世,这就是 IBM 推出的 Deskstar 75GXP 及 Deskstar 40GV,这两款硬盘均使用了玻璃来取代传统的铝作为盘片的材料,这种玻璃材料给硬盘带来了更大的平滑性及更高的坚固性。另外玻璃材料在高转速时也具有更高的稳定性。

1.1.2 硬盘的接口标准

目前的硬盘产品内部盘片包括:5.25 英寸,3.5 英寸,2.5 英寸和 1.8 英寸等,其中后两种常用于笔记本及部分袖珍精密仪器中,而现在台式机中常用的是 3.5 英寸的盘片。如果按硬盘与电脑之间的数据接口分类,则可分为两大类:ATA 接口及 SCSI 接口硬盘。

1. ATA 接口

ATA 接口是目前台式机硬盘中普通采用的接口类型。

(1) ST-506/412 接口。这是希捷开发的一种硬盘接口,首先使用这种接口的硬盘为希捷推出的 ST-506 及 ST-412。ST-506 接口使用起来相当简便,它不需要任何特殊的电缆及接头,但是它支持的传输速度很低,因此到了 1987 年前后这种接口就已经基本上被淘汰了,采用该接口的老式硬盘容量多数都低于 200 MB。早期 IBM PC/XT 和 PC/AT 机器使用的硬盘就使用的 ST-506/412 接口,也称为称 MFM 硬盘,MFM (Modified Frequency Modulation) 是一种编码方案。

(2) ESDI 接口。ESDI (Enhanced Small Drive Interface) 接口是迈拓公司于 1983 年开发的。其特点是将编解码器放在硬盘本身之中,而不是在控制卡上,理论传输速度是前面所述的 ST-506 的 2~4 倍,一般可达 10Mbps。但其成本较高,与后来出现的 IDE 接口相比无优势可言,因此在 20 世纪 90 年代后就被淘汰了。

(3) IDE 及 EIDE 接口。IDE (Integrated Drive Electronics) 的本意实际上是指把控制器与盘体集成在一起的硬盘驱动器,就是常说的 IDE 接口,也叫 ATA (Advanced Technology Attachment) 接口。目前大多数 PC 机使用的硬盘都是 IDE 兼容的,只须用一根数据线将硬盘与主板或接口卡连起来就可以了。把盘体与控制器集成在一起的做法减少了硬盘接口的电缆数目与长度,数据传输的可靠性也得到了增强,硬盘制造起来变得更加容易,因为厂商不需要再担心自己的硬盘是否与其他厂商生产的控制器兼容,对用户而言,硬盘安装起来也更为方便。

(4) ATA-1 (IDE)。ATA 是最早的 IDE 标准的正式名称,IDE 实际上是指连在硬盘接口的硬盘本身。ATA 在主板上有一个插口,支持一个主设备和一个从设备,每个设备的最大容量为 504MB,ATA 最早支持的 PIO-0 模式 (Programmed I/O-0) 只有 3.3MB/s,而 ATA-1 一共规定了 3 种 PIO 模式和 4 种 DMA 模式 (没有得到实际应用),要升级为 ATA-2,用户需要安装一个 EIDE 适配卡。

(5) ATA-2 (EIDE Enhanced IDE/Fast ATA)。这是对 ATA-1 的扩展,它增加了两种 PIO

和两种 DMA 模式,把最高传输率提高到了 16.7 MB/s,同时引进了 LBA 地址转换方式,突破了旧式 BIOS 固有 504MB 的限制,最高支持 8.1GB 的硬盘。如用户的电脑支持 ATA-2,则可以在 CMOS 设置中找到 LBA (Logical Block Address) 或 CHS (Cylinder Head Sector) 的设置。两个插口分为主插口和从插口,分别可以连接一个主设备和一个从设置,从而可以支持 4 个设备。通常可将最快的硬盘和 CD-ROM 连接在主插口上,而将次要一些的设备放在从插口上,这种连接方式对于 486 及早期的 Pentium 电脑是必要的,这样可以使主插口连在快速的 PCI 总线上,而从插口连在较慢的 ISA 总线上。

(6) ATA-3 (FastATA-2)。这个版本支持 PIO-4,没有增加更高速度的工作模式,即仍为 16.7MB/s。但引入了简单的密码保护的安全方案,并对电源管理方案进行了修改,引入了 S.M.A.R.T (Self-Monitoring Analysis and Reporting Technology) 技术,即自监测、分析和报告技术。

(7) ATA-4 (UltraATA、UltraDMA、UltraDMA/33、UltraDMA/66)。这个新标准将 PIO-4 下的最高数据传输率提高了一倍,达到了 33MB/s 或更高的 66MB/s。在总线占用方面也引入了新的技术,使用 PC 的 DMA 通道减少了 CPU 的处理负荷。要使用 Ultra-ATA,需要一个空闲的 PCI 扩展槽,如果将 UltraATA 硬盘卡插在 ISA 扩展槽上,则该设备将无法达到其最大传输率,因为 ISA 总线的最大数据传输率只有 8MB/s。其中的 Ultra ATA/66 (即 Ultra DMA/66) 是目前主流桌面硬盘采用的接口类型,其支持的最高外部数据传输率为 66.7MB/s。

(8) Serial ATA。新的 Serial ATA (即串行 ATA),是英特尔公司在 IDF (Intel Developer Forum, 英特尔开发者论坛) 发布的将于下一代外设产品中采用的接口类型。如其名所示,它以连续串行的方式传送资料,在同一时间点内只有 1 位数据传输,此做法能减小接口的针脚数目,用 4 个针就完成了所有的工作(第 1 针发出、2 针接收、3 针供电、4 针地线)。这种做法能降低电力消耗,减小发热量。最新的硬盘接口类型 ATA-100,它就是 Serial ATA 是初始规格,支持的最高外部数据传输率达 100MB/s。IBM 的 Deskstar 75GXP 及 Deskstar 40GV 就是第一次采用这种 ATA-100 接口类型的产品。在 2001 年第二季度推出 Serial ATA 1x 标准的产品,它能提高 150MB/s 的数据传输率。对于 Serial ATA 接口,一台电脑同时挂接两个硬盘就没有主、从盘之分了,各设备对电脑主机来说,都是 Master,这样可以节省不少花在跳线上的工作。

2. SCSI 接口

SCSI (Small Computer System Interface) 是指小型计算机系统接口,它最早研制于 1979 年,原是为小型机研制出的一种接口技术,但随着电脑技术的发展,现在已经被完全移植到了普通 PC 上。现在的 SCSI 可以划分为 SCSI-1 和 SCSI-2(包括 SCSI Wide 与 SCSI Wide Fast),最新的为 SCSI-3,不过 SCSI-2 是目前最流行的 SCSI 版本。SCSI 广泛应用于硬盘、光驱、ZIP、MO、扫描仪、磁带机、JAZ、打印机、光盘刻录机等设备上。它的优点非常多,主要表现在以下几个方面:

(1) 适应面广。使用 SCSI 连接的设备可以超过 15 个,而所有这些设备只占用一个 IRQ,这就可以避免 IDE 最大外挂 15 个外设的限制。

(2) 多任务。与 IDE 不同,SCSI 允许对一个设备传输数据的同时,另一个设备对其进行数据查找。这将在多任务操作系统如 Linux、Windows NT 中获得更高的性能。

(3) 宽带宽。在理论上,最快的 SCSI 总线有 160MB/s 的带宽,即 Ultra 160/m SCSI; 这

意味着用户的硬盘传输率最高将达到 160MB/s,当然这是理论上的,实际应用中可能会低一点。

(4) CPU 占用率低。

从最早的 SCSI 到现在 Ultra 160/m SCSI, SCSI 接口经历了如下几个发展阶段:

(1) SCSI-1——这是最早的 SCSI,它是在 1979 年由美国的 Shugart 公司(Seagate 希捷公司的前身)制订,并于 1986 年获得了 ANSI(美国标准协会)承认的 SASI(Shugart Associates System Interface 施加特联合系统接口),这就是现在所指的 SCSI-1。它的特点是:支持同步和异步 SCSI 外围设备;支持 7 台 8 位的外围设备;最大数据传输速度为 5MB/s;支持 WORM 外围设备。

(2) SCSI-2——1992 年 SCSI 发展到了 SCSI-2,当时的 SCSI-2 产品(通称为 Fast SCSI)是通过提高同步传输时的频率使数据传输率提高为 10MB/s。原本 8 位的并行数据传输称为 Narrow SCSI,后来出现了 16 位的并行数据传输的 Wide SCSI,将其数据传输率提高到了 20MB/s。

(3) SCSI-3——1995 年推出了 SCSI-3,俗称 Ultra SCSI,其全称为 SCSI-3 Fast-20 Parallel Interface,数据传输率为 20MB/s。它将同步传输时钟频率提高到 20MHZ 以提高数据传输率,因此使用 16 位传输的 Wide 模式时,数据传输率即可达 40MB/s。其允许接口电缆的最大长度为 1.5m。

(4) 1997 年推出了 Ultra 2 SCSI (Fast-40),采用了 LVD (Low Voltage Differential, 低电平微分)传输模式,16 位的 Ultra 2 SCSI (LVD) 接口的最高传输速率可达 80MB/s,允许接口电缆的最长为 12m,大大增加了设备的灵活性。

(5) 1998 年 9 月更高的数据传输率的 Ultra 160/m SCSI (Wide 下的 Fast-80) 正式发布,其最高数据传输率为 160MB/s,这给电脑系统带来了更高的系统性能。

1.1.3 硬盘的主要技术指标

容量和转速是用户选购硬盘产品的时候比较关注的两个指标最看重的。硬盘制造商通过不断提高磁盘单碟容量,提高硬盘转速来满足用户的需要。但是衡量一块硬盘的性能是不能简单地通过这两个指标来评价的,而是要从硬盘的容量、转速、平均寻道时间、高速缓存等性能指标多方面综合考虑。

硬盘的技术参数比较多,在技术规格上有几项重要的指标:

1. 容量 (Volume)

容量可以说是用户对硬盘认识最多的一个技术指标,它的单位是兆字节 (MB) 或千兆字节 (GB)。影响容量的两个因素是单碟容量和碟片数量。顾名思义,单碟容量也就是在单张盘片上所能存储的信息容量,单碟容量越大,实现大容量硬盘也就越容易,寻找数据所需的时间也相对减少。现在硬盘的单碟容量一般都是可以达到 40G。单碟容量提高的同时,硬盘的生产成本也随之降低,这也是为什么硬盘厂商竞先推出高单碟容量的硬盘产品。用户有时在检测硬盘时可能会发现厂家标称的容量和电脑检测的容量不一致,这是由于他们采用的换算单位不同,厂家多以 1000 进制换算,即 1MB=1000byte、1GB=1000MB,而电脑系统一般采用 1024 进制换算。

2. 单碟容量

如前所述影响硬盘容量的因素有单碟容量和碟片数量。当今硬盘技术正朝着薄、小、轻

的方向发展。所以，用增加盘片数量办法来增加容量是不可取的，关键是要增加单碟容量。

在硬盘容量增长的同时，硬盘的性能也发生了很大的变化。单碟容量的大小取决于磁道内线性磁的密度与磁道数量的多少，磁道内线性磁的密度增大意味着一条磁道内所能存储的数据增多。磁道增加意味着磁头在所能到达的扇区里能够读取的数据也就越多，并且从一个磁道转到另一磁道的时间也就越短，而硬盘中磁头的长短是固定的，所以增加了单碟容量之后硬盘在每秒钟所能读取与写入的数据也就增多了。因此很显然，单碟容量愈大，硬盘的速度就愈快。

经过测试表明，单碟容量大的低转速硬盘在某些方面要优于单碟容量小的高转速硬盘。目前，硬盘厂商在硬盘盒内最多可以放入4~5张盘片。单碟容量越大，硬盘盒内放置的盘片数越多，硬盘的容量就越大。

3. 转速 (Rotational Speed)

硬盘的转速是指硬盘盘片每分钟旋转的圈数，单位为RPM(Rotation Per Minute, 转/分钟)。提高硬盘的转速可以加快存取速度，所以转速的提高是硬盘发展的另一大趋势。当然，这也带来了诸如定位精度等一些技术难题。另外，转速的提高也不能牺牲太多其他指标，如位密度、平均寻道时间等。目前ATA(IDE)硬盘的主轴转速一般为5400~7200RPM，而主流硬盘的转速为7200RPM；SCSI硬盘的主轴转速，一般可达7200~10000RPM，而最高转速高达15000RPM(即希捷“捷豹X15”系列硬盘)。

从理论上讲，硬盘的转速越快越好，因为较高的硬盘转速可以极大地缩短硬盘的实际读写时间。当然凡事有利必有弊，硬盘的转速越快，硬盘表面的发热量越大，硬盘运行的噪声也越大。如果再加上机箱散热不佳和其他周边元件发热过多等问题，很可能造成机器运行不稳定。也正是这个原因，目前市场上绝大多数笔记本电脑使用的笔记本硬盘，转速一般都不会超过5400转/分钟。

为克服随硬盘转速提高而产生的轴承磨损加剧、温度升高、噪声增大等负面问题，应用在精密机械工业上的液态轴承马达FDB(Fluid Dynamic Bearing Motors)已经被引入到硬盘技术中。液态轴承马达使用的是黏膜液油轴承，以油膜代替滚珠。这样可以避免金属面的直接磨擦，将噪声及温度减至最低；同时油膜可有效吸收震动，使抗震能力得到提高；更可减少磨损，提高寿命。家用PC已经日益普及，但硬盘的噪声问题却与现代家居环境对静音的要求不和谐，特别是在夜间安静环境下使用时，硬盘噪声往往会使用户感觉非常烦躁，采用液态轴承马达(FDB)技术有效地减少了硬盘噪声，但同时它也带来了材料成本增加的问题。

4. 平均寻道时间 (Average Seek Time)

硬盘的平均寻道时间是指硬盘磁头移动到数据所在磁道所用的时间，单位为毫秒(ms)。平均寻道时间当然越小越好，现在市场上的主流产品的平均寻道时间通常在8.5ms~11ms之间。

平均潜伏时间(Average Latency Time)是指当磁头移动到数据所在磁道后，继续等待要访问的数据块转动到磁头下的平均时间，单位为毫秒(ms)。

单磁道寻道时间(Single Track Seek Time)是指磁头从一个磁道转移至另一磁道的时间，单位为毫秒(ms)。

全程访问时间(Max Full Seek Time)是指磁头开始移动直到最后找到所需要的数据块所用的全部时间，单位为毫秒(ms)。

平均访问时间 (Average Access Time) 是指磁头找到指定数据的平均时间, 单位为毫秒 (ms)。通常是平均寻道时间和平均潜伏时间之和。

硬盘读取数据的实际过程大致是: 硬盘接收到读取指令后, 磁头从初始位置移动到目标磁道 (经过一个寻道时间), 然后从目标磁道上找到所需读取的数据 (经过一个潜伏时间)。在潜伏时间内, 磁头已到达目标磁道上方, 只等所需数据扇区旋转到磁头下方即可读取。这个时间当然越小越好, 但它受限于硬盘的机械结构。因此转速是影响硬盘内部数据传输率的重要参数之一。

要想在硬盘的某一扇区读写数据, 首先必须让磁头找到相应的位置, 这就是寻道过程。平均寻道时间即是若干个随机寻道时间的平均值。寻道时间是一项很重要的指标, 是决定读写命令响应时间的主要因素之一, 当然是越快越好。

5. 高速缓存 (Cache)

在接口技术已经发展到一个相对成熟的阶段的时候, 缓存的大小与速度是直接关系到硬盘的传输速度的重要因素。

缓存是硬盘与外部总线交换数据的场所。硬盘读数据的过程是将磁信号转化为电信号, 然后通过缓存一次次地填充, 清空, 再填充, 再清空, 一步步按照 PCI 总线的周期送出。因此, 缓存的作用是相当重要的。

高速缓存一般分为写通式和回写式两种。所谓写通式, 就是指在读硬盘时系统先检查请求, 寻找所请求读写的数据是否在高速缓存中。如果在, 则称为被命中。缓存就会发送相应的数据, 磁头也就不必再向磁盘访问数据, 由于 DRAM 和 SDRAM 的速度比磁介质快很多, 因此也就加快了数据传输速度。所谓回写式, 指的是在缓存中保留写数据, 当硬盘空闲时进行写入, 从这一点而言, 回写式具有比写通式更强大的性能。

硬盘缓存与主板上的高速缓存作用一样, 是为了提高硬盘的读写速度, 当然缓存越大越好。目前主流硬盘的缓存容量一般是 2MB。而在 SCSI 硬盘中最高的数据缓存已经达到了 16MB。目前, 在高速缓存的取材上也全部采用了速度比 DRAM 更快的 SDRAM, 以确保硬盘的性能更为优越。

随着硬盘容量、速度的不断提高, 缓存容量也在不断增加。但缓存过大也未必好, 因为缓存在读写数据时同样需要 CPU 控制, 缓存越大, CPU 需要的控制时间将越长, 反而可能会抑制系统整体数据传输速度。

6. 内部数据传输率 (Internal Data Transfer Rate)

也叫持续数据传输率 (Sustained Transfer Rate), 单位 Mb/s (注意与 MB/s 之间的差别)。它指磁头至硬盘缓存间的最大数据传输率, 一般取决于硬盘的盘片转速和盘片数据线密度 (指同一磁道上的数据间隔度)。注意, 在这项指标中常常使用 Mb/s 或 Mbps 为单位, 这是兆位/秒的意思, 如果需要转换成 MB/s (兆字节/秒), 就必须将 Mbps 数据除以 8 (1 字节等于 8 位)。例如, WD36400 硬盘给出的最大内部数据传输率为 131Mbps, 但如果按 MB/s 计算就是 16.37MB/s (即 131/8)。

7. 外部数据传输率 (External Transfer Rate)

也称为突发数据传输率 (Burst Data Transfer Rate), 指从硬盘缓冲区读取数据的速率, 在广告或硬盘特性表中常以数据接口速率代替, 单位为 MB/s。目前主流硬盘采用的是 Ultra ATA/66, 它的最大外部数据率为 66.7MB/s; 而 SCSI 硬盘采用最新的 Ultra 160/m SCSI 接口标

准,其数据传输率可达 160MB/s;采用 Fibra Channel (光纤通道),最大外部数据传输率可达 200MB/s。在广告中有时能看到说双 Ultra 160/m SCSI 的接口,在理论上将最大外部数据传输率提高到了 320MB/s,但目前为止还没有结合接口的产品推出。

8. 硬盘表面温度

它是指硬盘工作时硬盘密封壳的温度。这项指标厂家并不提供,一般只能在各种媒体的测试数据中看到。硬盘工作时产生的温度过高会影响薄膜式磁头(包括 GMR 磁头)的数据读取灵敏度,因此表面温度较低的硬盘有更好的数据读写稳定性。对于高转速的 SCSI 硬盘,一般来说应该加一个硬盘冷却装置,这样硬盘的工作稳定性才能得到保障。

9. 平均故障间隔时间 MTBF (Mean Time Between Failures)

它指硬盘从开始运行到出现故障的最长时间,单位是小时。一般硬盘的 MTBF 至少在 30000 或 40000 小时以上。这项指标在一般的产品广告或常见的技术特性表中并不提供,需要时可到具体生产该款硬盘的公司网址中查询。

1.1.4 RAID 磁盘阵列技术

RAID 是由美国加州大学伯克利分校的 D.A. Patterson 教授在 1988 年提出的。RAID 是 Redundent Array of Inexpensive Disks 的缩写,直译为“廉价冗余磁盘阵列”,简称为“磁盘阵列”。后来 RAID 中的字母 I 被改作了 Independent, RAID 就成了“独立冗余磁盘阵列”,但这只是名称的变化,实质性的内容并没有改变。可以把 RAID 理解成一种使用磁盘驱动器的方法,它将一组磁盘驱动器用某种逻辑方式联系起来,作为逻辑上的一个磁盘驱动器来使用。一般情况下,组成的逻辑磁盘驱动器的容量要小于各个磁盘驱动器容量的总和。RAID 的具体实现可以靠硬件也可以靠软件,Windows NT 操作系统就提供软件 RAID 功能。RAID 一般是在 SCSI 磁盘驱动器上实现的,因为 IDE 磁盘驱动器的性能发挥受限于 IDE 接口(IDE 只能接两个磁盘驱动器,传输速率最高 1.5MB/s)。IDE 通道最多只能接 4 个磁盘驱动器,在同一时刻只能有一个磁盘驱动器能够传输数据,而且 IDE 通道上一般还接有光驱,光驱引起的延迟会严重影响系统速度。SCSI 适配器保证每个 SCSI 通道随时都是畅通的,在同一时刻每个 SCSI 磁盘驱动器都能自由地向主机传送数据,不会出现像 IDE 磁盘驱动器那种争用设备通道的现象。

1. RAID 的优点

(1) 成本低,功耗小,传输速率高。在 RAID 中,可以让很多磁盘驱动器同时传输数据,而这些磁盘驱动器在逻辑上又是一个磁盘驱动器,所以使用 RAID 可以达到单个磁盘驱动器几倍、几十倍甚至上百倍的速率。这也是 RAID 最初想要解决的问题。因为当时 CPU 的速度增长很快,而磁盘驱动器的数据传输速率无法大幅提高,所以需要有一种方案解决二者之间的矛盾。

(2) 可以提供容错功能。这是使用 RAID 的第二个原因,因为如果不包括写在磁盘上的 CRC (循环冗余校验) 码的话,普通磁盘驱动器无法提供容错功能。RAID 和容错是建立在每个磁盘驱动器的硬件容错功能之上的,所以它提供更高的安全性。

(3) 在同样的容量下 RAID 比传统的大直径磁盘驱动器,价格要低很多。

2. RAID 的分级

(1) RAID0 级,无冗余无校验的磁盘阵列。数据同时分布在各个磁盘驱动器上,没有容错能力,读写速度在 RAID 中最高,但因为任何一个磁盘驱动器损坏都会使整个 RAID 系统失