

操作系统 Operating System

北京理工大学计算机学院
马 锐
Email: mary@bit.edu.cn

版权声明

- 本内容版权归北京理工大学计算机学院操作系统课程组马锐所有
- 使用者可以将全部或部分本内容免费用于非商业用途
- 使用者在使用全部或部分本内容时请注明来源
 - 内容来自：北京理工大学计算机学院+马锐+材料名字
- 对于不准守此声明或其他违法使用本内容者，将依法保留追究权

2

第17章 Windows的文件系统

- 17.1 文件系统概述
- 17.2 主控文件表
- 17.3 NTFS文件的引用和索引

3

17.1 文件系统概述(1)

- FAT
 - FAT12
 - FAT16
 - FAT32
 - 12、16和32分别为描述磁盘块簇地址使用的位数
 - ExFAT
- NTFS
 - 使用64位的磁盘地址，可以支持的最大分区为 $2^{64}B$

4

17.1 文件系统概述(2)

- FAT文件系统
 - 物理结构：链接
 - FAT12
 - 文件卷最大32MB，簇大小512B~8KB
 - FAT16
 - 文件卷最大4GB（理论值），簇大小512B~64KB
 - FAT32
 - 文件卷最大8TB（理论值），簇大小4KB~32KB
 - 描述磁盘块簇地址的实际有效位是28
 - Windows2000限制文件卷最大为32GB

5

17.1 文件系统概述(3)

- NTFS卷结构

分区引导扇区	主控文件表区	文件数据区
<ul style="list-style-type: none">• 分区引导扇区<ul style="list-style-type: none">• 最多占用16个扇区，包含了卷的布局、文件系统结构、引导代码等• 主控文件表区<ul style="list-style-type: none">• NTFS卷的管理控制中心，包含了卷上所有文件、目录及空闲未用盘簇信息• 文件数据区		

6

17.1 文件系统概述(4)

➤ NTFS文件系统

- 物理结构：索引
- 利用主控文件表中的索引表实现虚拟簇号VCN与逻辑簇号LCN之间的映射
- 通过磁盘的逻辑簇号LCN引用文件在磁盘上的物理位置
- 通过虚拟簇号VCN引用文件中的数据

7

17.2 主控文件表

17.2.1 主控文件表的结构

17.2.2 主控文件表的记录结构

8

17.2.1 主控文件表的结构(1)

➤ 主控文件表 (Master File Table, MFT)

- NTFS卷的管理控制核心
- 包含
 - 系统引导程序
 - 用于定位和恢复卷中所有文件的数据结构
 - 记录整个卷的分配状态的位图 (元数据) 等
- 元数据(metadata)

9

17.2.1 主控文件表的结构(2)

➤ MFT结构

- 由若干个记录构成，记录大小为1KB
- 每个记录描述一个文件或目录
 - 前16个记录为NTFS元数据文件保留
 - 以"\$"开头的文件名
 - 当一个文件或目录太大时，可能占用多个记录
 - 文件基记录 (第1个记录)
 - 存放同一文件属性
 - 扩展记录

10

17.2.2 主控文件表的记录结构(1)

➤ 记录结构

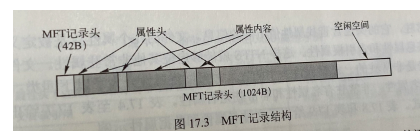
- 一个记录头+若干(属性, 属性值)对
 - eg1. (\$FILE_NAME, AC)
 - eg2. (\$DATA, 文件的具体内容)

➤ 记录头

- 用于有效性检查的魔数
- 文件生成时的顺序号
- 文件引用计数
- 记录中实际使用的字节数
- 扩展记录：基记录的标识(文件号, 顺序号)

11

17.2.2 主控文件表的记录结构(2)



- NTFS不是简单地将文件视为一些列字节的集合，而是将文件看成许多(属性, 属性值)的集合，进行存储和处理
 - 一个文件由若干属性构成
 - 每个属性通过单独的字节流进行并发存取

12

17.2.2 主控文件表的记录结构(3)

属性

- 通过属性类型编码进行区分
- 根据属性名(不是必备的)分类
 - 有名属性/无名属性(文件内容等)
 - NTFS负责读写有名属性,应用程序读写实际文件数据(无名属性)
- 根据文件大小分类
 - 常驻属性/非常驻属性
 - 当一个文件很小时,其所有属性和属性值可存放在一个MFT记录中,这些属性即为常驻属性
 - 标准信息与索引根属性总是常驻内存

13

17.2.2 主控文件表的记录结构(4)

属性头

- 每个属性以属性头开始,属性头总是常驻内存
- 属性头中包含的信息
 - 该属性是否有名、是否常驻、属性类型、属性长度等
 - 常驻属性
 - 从头到属性值的便宜、属性值长度
 - 非常驻属性
 - 查找属性值所需信息

14

17.2.2 主控文件表的记录结构(5)

小文件

- 所有属性常驻MFT
- (\$DATA,文件内容)属性可以包含文件的所有数据

小文件的MFT记录

标准信息	文件名	安全描述体	文件数据
------	-----	-------	------

15

17.2.2 主控文件表的记录结构(6)

小目录

- 所有属性常驻内存,索引根属性包含其所有文件和子目录的目录项(文件引用索引)
- 文件目录项包括:64位文件引用号时间,大小等信息,以提高目录浏览速度

小目录的MFT记录

标准信息	目录名	安全描述体	索引根(文件索引)			空
			文件1	文件2	文件3	

16

17.2.2 主控文件表的记录结构(7)

大文件

- MFT+单独存储文件内容的区域
- 存放文件数据的区域(称为一个运行run)或一个扩展extent
- 文件数据属性
 - 逻辑簇号LCN:对分区内的第一个簇到最后一个簇进行编号,NTFS使用逻辑簇号对簇进行定位
 - 虚拟簇号VCN:将文件所占用的簇从开头到尾进行编号
 - 属性头中包含LCN与VCN的映射关系

17

17.2.2 主控文件表的记录结构(8)

开始的VCN	开始的LCN	簇数
0	127	4
4	150	4

标准信息	文件名	安全描述体	文件数据属性
------	-----	-------	--------	-------



18

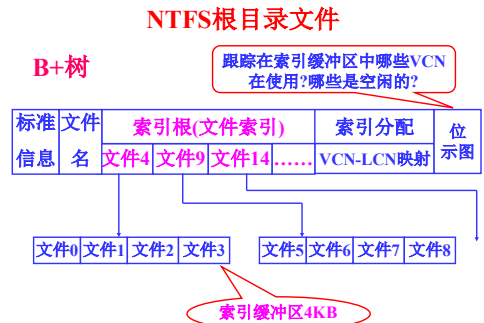
17.3 NTFS文件的引用和索引(1)

➤ 大目录

- 一部分索引在索引根属性中，剩余的索引存储在索引缓冲区的非常驻run中
- 文件名实际存储在固定4KB大小的索引缓冲区中，每个索引缓冲区可容纳20到30个文件目录项
- 索引缓冲区采用B+树实现
- 索引根属性包含B+树的第一级并指向包含下一级的索引缓冲区

19

17.3 NTFS文件的引用和索引(2)



20

17.3 NTFS文件的引用和索引(3)

➤ 文件的引用

- 每个文件有一个64位的文件引用号，系统通过文件引用号引用文件
- 文件引用由文件号 (0-47位) 和文件顺序号 (48-63位) 组成
- 文件号对应于该文件在MFT中的索引位置
- 文件顺序号是文件记录被重复使用的次数，是为了进行内部一致性检查而设计的

21