LUENTO 17

TIEDOSTOJEN HALLINTA
Käytännön esimerkit

Ch 12.8-9 [Stal 05]
Ch 10.6.4, 11.6-7 [Tane 01]
Ch 20.7 [DDC 04]

1

Sisältöä

- Linux
  - Virtual File System (Ch. 12.8 [Stal 05])
  - ext2fs (Ch 6, Ch 11.6 [Tane 01], Ch 2.7 [DDS 04])
  - NFS, Network File System (Ch 10.6 [Tane 01])
- Windows
  - Journaling File System
  - NTFS - W2K File System (Ch 12.9 [Stal 05], Ch 11.7 [Tane 01])

2

LINUX
Tiedostojärjestelmät

3

Linux

- Tiedosto = tavujono
  - ei tietueita, ei jaksoja
  - organisointi sovelluksissa

Fig. 6-16 [Tane 01]

- Tiedostonimi ja attribuutit erillään
  - attribuutit = i-solmu (i-node, index node)
- Hakemisto
  - tiedosto, jossa pareja (tiedostonimi, i-solmunumero)
- Symbolinen linkki (soft)
  - tiedosto, jossa sisältönä tiedoston polkunimi

Bovet D.P., Cesati M.:
Understanding the LINUX KERNEL. O'Reilly, 2001.

4

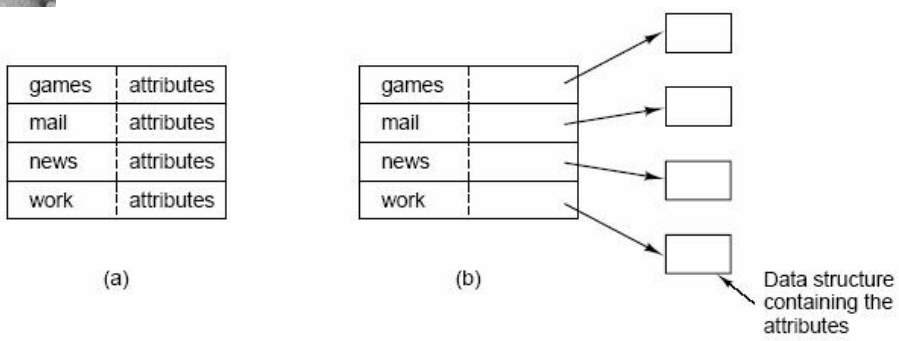


Fig. 6-16. (a) A simple directory containing fixed-size entries with the disk addresses and attributes in the directory entry. (b) A directory in which each entry just refers to an i-node.

[Tane01]

5

Tiedostojen yhteiskäyttö

- Sama tiedosto käytössä monta kertaa
- Hard link
  - monta omistajaa (vai monella omistajan oikeudet?)
  - kaikilla samat oikeudet
    - omistaja poistaa ⟶ muilla silti käytössä normaalisti
- Soft link eli symbolinen linkki
  - tiedoston tyyppi: symbolinen linkki
  - tiedoston sisältö: merkkijono, joka indikoi varsinaisen tiedoston
  - vain yksi omistaja
    - omistaja poistaa ⟶ muiden linkit epäkelpoja

6

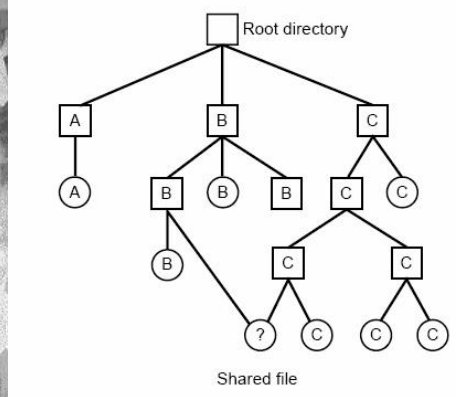


Fig. 6-18. File system containing a shared file.

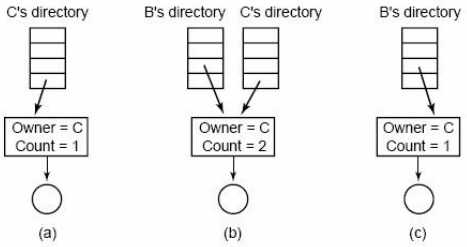


Fig. 6-19. (a) Situation prior to linking. (b) After the link is created. (c) After the original owner removes the file.

[Tane 01]

7

LINUX Virtual File System

- Toteutukset usein sekoituksia useista eri malleista.
- Linuxissakin on useita mahdollisia tiedostojärjestelmiä
- (Käyttö)järjestelmän ylläpitäjä päättää mitä todella käytetään.

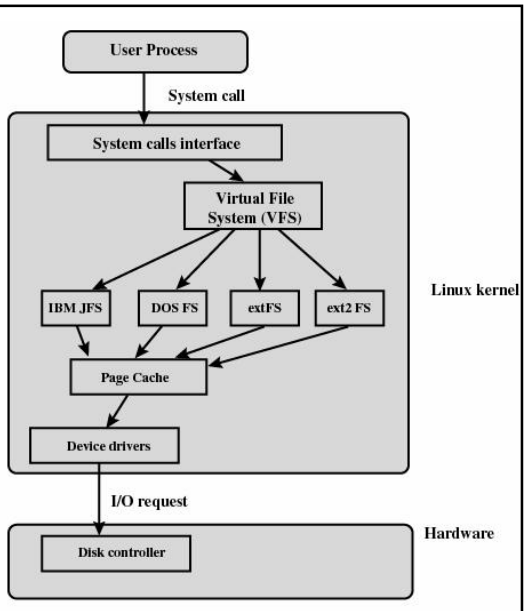


Figure 12.15 Linux Virtual File System Context

Linux VFS (virtual file system)

- Tuki useille tiedostojärjestelmille
  - register_filesystem(), unregister_filesystem()
  - ext2fs, procfs, FAT, NTFS, minix, NFS, smb, ...
  - superlohko
    - määrittelee tiedostojärjestelmän
    - oma paikka levyllä
- Tarjoaa sovelluksille yhtenäisen rajapinnan
  - open(), read(), write(), seek(), close(), ...
  - kaikki VFS'n kautta viitattu tieto ei ole levylle talletettuja tiedostoja
    - i-node
    - KJ-oliot, laitteet, yhteiset muistialueet
    - tiedon suojaus silti tiedostojen tapaan

9

Ch. 20.7 [DDC 04]

Linux VFS rakenne

- VFS fd – file descriptor (file object)
  - aukiolevalle tiedostolle, missä kohtaa lukemassa/kirjoittamassa
  - oikeudet (user ID, group ID)
  - linkki tiedoston *dentry*'yn
  - sallitut operaatiot
- VFS dentry – directory entry
  - osoittaa hakemistopuussa kaikkiin lähisukulaisiin (niiden *dentry*)
    - isä-hakemisto, lapsi-hakemistot tai –tiedostot
    - sisarus-hakemistot tai –tiedostot
  - linkki tiedoston i-node:en
- VFS i-node (varsinainen tiedoston metatieto)
  - tiedostojärjestelmän tunniste ja superlohko (*superblock*)
  - tiedostojärjestelmän sisäinen *i-node*

10

VFS metatiedon välimuistit

- VFS ja hakemistohierarkia hidastavat käyttöä
  - tiedot pitää yleensä hakea levyltä hakemisto kerrallaan
  - tiedostojärjestelmäkohtainen *lookup()*
- dcache (dentry cache)
  - viimeksi viitattujen tiedostojen dentry
  - nopea kuvaus *filename* ⟶ *i-node*
  - tiedoston X *dentry* välimuistissa ⟶ myös kaikki tiedoston X esivanhempien *dentry* välimuistissa
- i-node cache
  - viimeksi käytössä olleiden tiedostojen *VFS i-node*t
    - näistä löytyy tiedostojärjestelmän *i-node*

11

Linux tiedostojärjestelmät

- ext2fs (second extended file system)
  - Linuxia varten kehitetty tiedostojärjestelmä
  - esikuvana BSD Fast File System (FFS)
    - lohkoryhmät
  - tehokkuus, luotettavuus
- /proc
  - erikoistiedostot, luodaan 'lennosta'
  - esim. ytimen parametrien kysely/asettaminen
  - KJ-palvelut piilotettu tiedostojärjestelmän käytöksi
    - käytön valvonta tiedostojärjestelmän suojauksen avulla
- ext3fs
  - journaling file system, log-structured file system (LFS)
  - Red Hat Linux'issa

12

Looginen levy – yleinen tapaus

- MBR (master boot record)
  - fyysinen sektori 0, jonka BIOS lukee Flash BIOS
    - Basic Input Output System
    - mitä tehdään ennen alustusta tai miten alustetaan
  - partitiotaulu
    - kunkin partition alku ja loppu
    - tiedostojärjestelmän tyyppi
    - yksi partitioista aktiivinen → bootti
      - sisältää KJ'n
      - voidaan valita alustuksen yhteydessä?

13

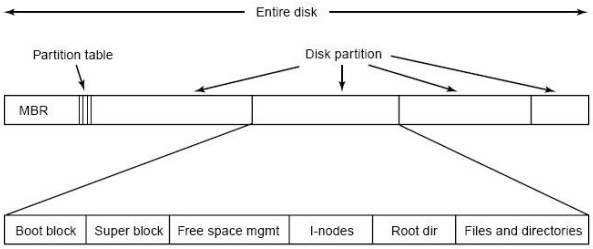


Fig. 6-11. A possible file system layout.

[Tane01]

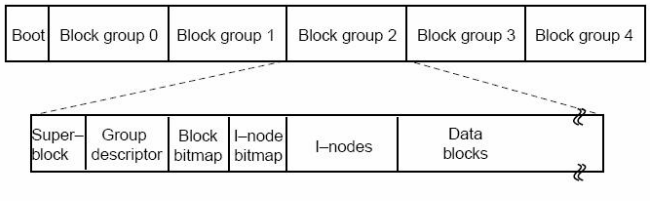


Fig. 10-35. Layout of the Linux Ext2 file system.

14

Linux ext2fs levy

General: Fig. 6-11 [Tane 01]

Linux: Fig. 10-35 [Tane 01]

- Lohkoryhmät (block groups)
  - yhtenäisesti levyltä allokoitu alue
    - datalohkot ja i-nodet fyysisesti lähellä toisiaan
    - säästä hakuvarren siirroissa
- Kaikki lohkot samankokoisia (1 KB)
- Kaikki i-nodet 128B (tavallinen UNIX 64B)

15

ext2fs superlohko (superblock)

- 1 lohko
- Kuvaa koko ext2fs-partition rakenteen
- Kopio jokaisen lohkoryhmän alussa
  - luotettavuus, virheestä toipuminen
- Ydin operoi vain lohkoryhmän 0 superblokilla ja ryhmäkuvaajilla
  - muille käyttöä, jos superblock 0 'rikki'
  - */sbin/e2fsck* kopioi aika-ajoin muualle

16

ext2fs superlohko (superblock)

	0 1 2 3	4 5 6 7
0	Number of i-nodes	Number of blocks
8	Number of reserved blocks	Number of free blocks
16	Number of free i-nodes	First data block
24	Block size	Fragment size
32	Blocks per group	Fragments per group
40	i-nodes per group	Time of mounting
48	Time of last write	Status / Max. mnt cnt
56	Ext2signat. / Status	Error behav. / Pad word
64	Time of last test	Max test interval
72	Operating system	File system revision
80	RESUID / RESGID	Pad word
blocksize	Pad words	

ext2fs ryhmäkuvaaja (group descriptor)

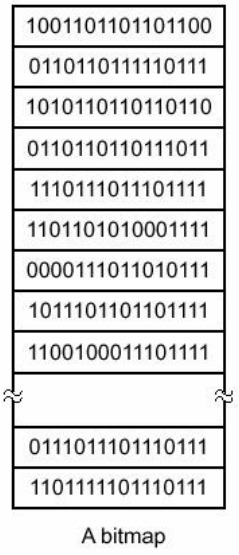
- n lohkoa
  - käyttöä valittaessa ryhmää varaukselle
  - ei perustu sylintereihin
- jokaisen lohkoryhmän alussa ryhmäkuvaajataulu
  - kaikkien ryhmien kuvaajat
  - redundanssisuutta - milloin päivitetään?
    - vain lohkon 0 ryhmäkuvaajataulu ajan tasalla
- yksi kuvaaja 24 B

bg_block_bitmap	lohkobittikartan lohkonro (4 B)
bg_inode_bitmap	i-solmubittikartan lohkonro (4 B)
bg_inode_table	i-solmutaulun lohkonro (4 B)
bg_free_blocks_count	vapaiden lohkojen lkm (2 B)
bg_free_inodes_count	vapaiden i-solmujen lkm (2 B)
bg_used_dirs_count	hakemistojen lkm ryhmässä (2 B)
bg_pad, bg_reserved	tyhjää (6 B)

18

ext2fs lohkoryhmän bittikartat

- 2 bittikarttaa
  - vapaat lohkot
  - vapaat i-nodet
- Molemmissa 8192 bittiä (1 KB lohko)
- 0 = vapaa, 1 = varattu



A bitmap

19

ext2fs lohkoryhmän i-node taulu

- n lohkoa
- *i-node*t á 128 B
  - tiedoston attribuutit
  - tiedoston lohkojen numerot
    - 12 suoraa viitettä lohkoihin, viite 4B
    - 3 epäsuoraa viitettä lohkoihin
- Esimerkki
  - 1 KB bittikartta ⟶ ryhmässä 8192 lohkoa tai i-nodea
  - i-noden lohkoviite 13225
    - lohkoryhmä 1, siirtymä 5033 (=13225-8192)
- root-hakemiston i-node = *i-node* #2

20

ext2fs i-node

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	Mode		Uid		File size			
8	Access time				Time of creation			
16	Time of modification				Time of deletion			
24	Gid		Link counter		No. of blocks			
32	File attributes				Reserved (OS-dependent)			
40	12 direct blocks							
88	One-stage indirect block				Two-stage indirect block			
96	Three-stage indirect block				File version			
104	File ACL				Directory ACL			
112	Fragment address				Reserved (OS-dependent)			
120	Reserved (OS-dependent)							

Access Control List

21

ext2fs datalohkot (data blocks)

- Lohkon koko 1 KB
  - 2 KB, 4 KB tai 8 KB?? ei.
- Suurin tiedostokoko 2 GB
  - kenttä "file size" rajoittaa (ylin bitti ei käytössä!)
  - jos 64-b kone, max 4TB
- Tiedosto voi jakautua useamman ryhmän alueelle

22

ext2fs hakemistoalkio

4 B	2 B	1 B	1 B	1 - 255 B (1 - EXT2_NAME_LEN)
i-node number	entry len	name len	type	file name

- Hakemisto on tiedosto, joka kuvaa tiedostonimet *i-node*iksi
  - peräkkäinen lista hakemistoalkioita (directory entry)
  - voi olla myös B-puu, jos paljon tiedostoja

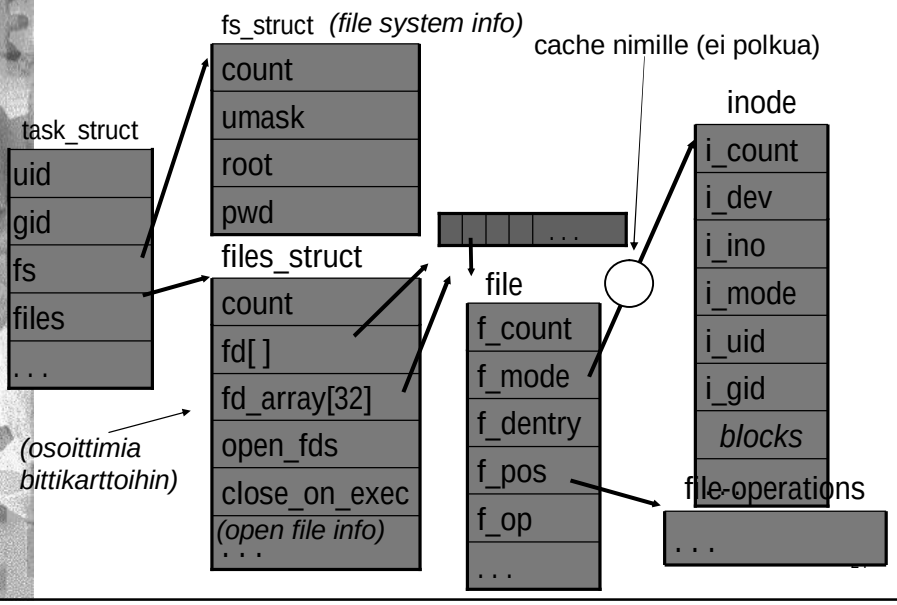
Esim: TKTL mail server

- Hakemistoalkio on vaihtelevanpituinen
  - pituus aina 4:n monikerta (lopussa /0-merkkejä)
- Tyyppi
  - 0 = tuntematon, 1 = tavallinen tiedosto, 2 = hakemisto
  - 3 = merkkilaite, 4 = lohkolaite, 5 = nimetty putki
  - 6 = pistoke, 7 = symbolinen linkki

Polku tässä tiedostossa tai hakemistoalkiossa (fast symbolic link)

23

Linux: tiedoston käyttö (vfs)



Linux: tiedostojen käyttö (vfs)

file_operations

llseek(file, offset, whence)
read(file, buf, count, offset)
write(file, buf, count, offset)
readdir(dir, dirent, filldir)
poll(file, poll_table)
ioctl(inode, file, cmd, arg)
map(file, vma)
open(inode, file)
flush(file)
release(inode, file)
fsync(file, dentry)
fasync(file, on)
check_media_change(dev)
revalidate(dev)
lock(file, cmd, file_lock)

- Jokaisella tiedostojärjestelmällä omat funktiot
- File_operations rakenteessa funktion osoite
- Jos ei toteuta kyseistä operaatiota, osoitin NULL

Fig. 6-5 [Tane 01]

25

Linux procfs tiedostojärjestelmä

- Process file system
- Ei todellinen (fyysinen) tiedostojärjestelmä
  - kaikki keskusmuistissa, levyllä ei tiedostoja
- Käyttöliittymä prosessikuvaajiin
  - hakemistossa /proc
  - jokainen /proc'in alihakemisto määrittelee omat read() ja write() operaationsa
    - /proc/4321 on prosessin 4321 hakemisto
  - KJ-tietojen lukeminen ja kirjoittaminen
  - read() ja write() toteuttavat suojatun tietorakenteen
    - käytön valvonta tiedostojärjestelmän avulla
    - samanaikaisuuden hallinta

26

Linux sysfs

- hakemisto /sys
- käyttöliittymä laitekuvaajiin
  - unified device model
- väylät hakemistossa /sys/bus
  - pci laitekuvaaja hakemistossa /sys/bus/pci
- I/O laitteet laitetyypin mukaan
  - /sys/class/input
  - laitetyypin nimi, numero, laitteet, ajurit
- pidetään kirjaa kaikista laitteista, jotka käytössä ja missä ne ovat
- pollataan aika ajoin väyliä, jos uusia laitteita tulisi tai vanhoja poistuisi
  - hot swappable devices

27

NFS
Network File System

Ks. esim. Ch 10.6.4 [Tane 01]

28

NFS

- Etäkoneiden hakemistojen liittäminen omaan hakemistopuuhun
  - kehittäjä Sun Microsystems
- NFS-protokolla
  - pyyntö-vastaus protokolla
  - ei ota kantaa siihen kuinka toteutetaan
    - NFS-palvelija, NFS-asiakas
- Windowsin vastine tälle on SMB-protokolla
  - Server Message Block

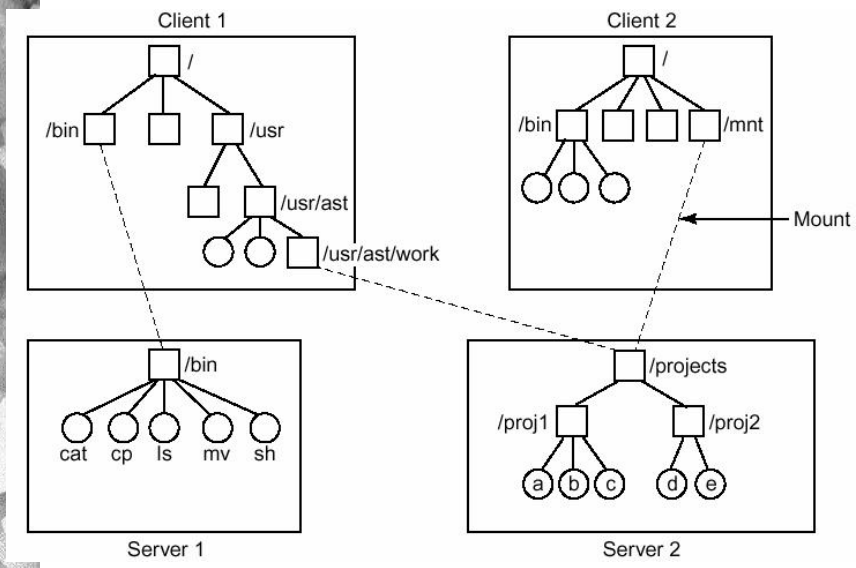
29

NFS-arkkitehtuuri

Fig. 10-36 [Tane 01]

- Etäkone (Palvelija)
  - suorittaa NFS-palvelijaa
  - määrittelee hakemiston julkiseksi hakemistossa **`/etc/exports`**
    - mm. käyttöoikeuksien rajaaminen
- Asiakas
  - suorittaa NFS-asiakasprosessia
  - asemoi (”mounttaa”) hakemiston omaan hakemistopuuhun
  - mount-point määritelty tiedostossa **`/etc/fstab`**
- VFS huomaa milloin viitataan toisessa koneessa olevaan (mountattuun) tiedostoon
  - välitä pyyntö palvelijalle
  - palvelijan tiedostojärjestelmä ei ole tärkeä

30



(Fig 10-36, [Tane 01])

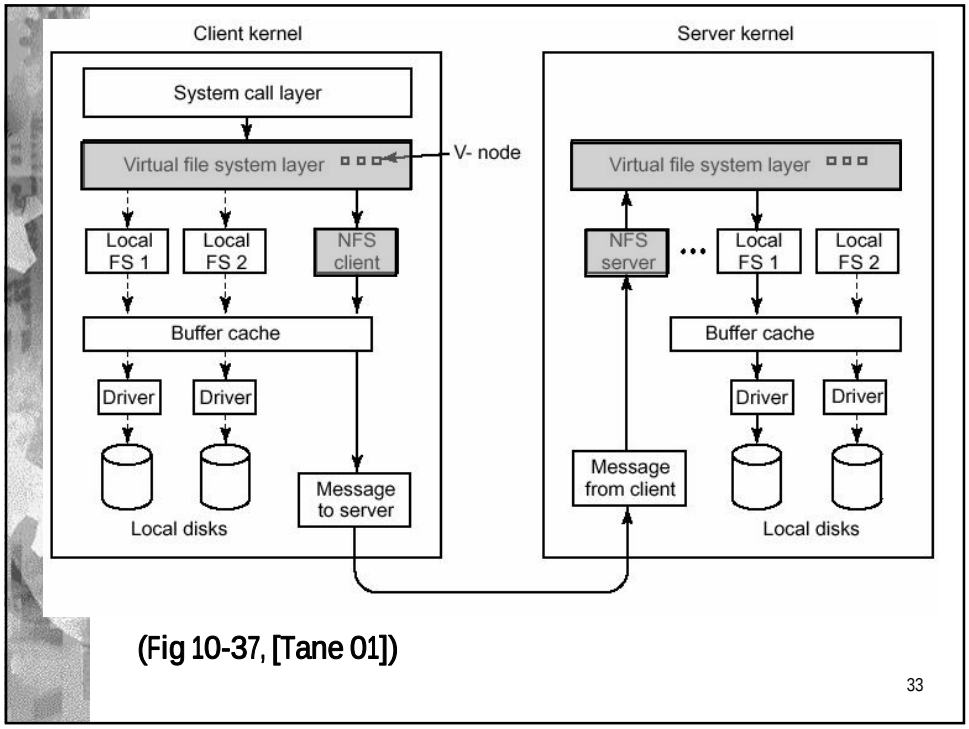
31

NFS-protokolla

Fig. 10-37 [Tane 01]

- mount
  - asiakas lähettää polkunimen palvelijalle
  - palvelija palauttaa kahvan (file handle)
    - tiedostojärj. tyyppi, laite#, inode#, oikeudet
    - käytetään jatkossa kaikissa pyynnöissä
  - voidaan tehdä alustusskripteissä (boot)
- automounting
  - mountataan, kun viitataan ens. kertaa
- pyynnöt
  - normaalit palvelupyynnöt sanomina
    - read(), write(), ...
- tilaton protokolla
  - kaikki tarvittava tieto mukana pyynnössä
    - kahva, lukupositio, paljonko, ...

32



(Fig 10-37, [Tane 01])

33

Kirjaava tiedostojärjestelmä
loki (log) tai päiväkirja (journal)

”Uusi, parempi, fiksumpi, luotettavampi” – ihan totta!

34

Kirjaava tiedostojärjestelmä

- Kirjataan kaikki muutokset (journalointi?)
- Pitää tiedostojärjestelmän eheänä
- Kirjataan
  - Vain metatieto muutoksista – journal
  - Sekä metatieto että itse data – loki
- Tarve:
  - Tiedostojärjestelmän tarkistus (check) kestää liian kauan, jos epänormaali 'kaatuminen'
  - Valtaosa levyoperaatioista on kirjoituksia, lukuoperaatiot tehdään puskureista
  - Useimmat kirjoitukset pieniä päivityksiä
    - levyn hakuvarsi liikkuu paljon, vähän dataa siirtyy

35

Perusidea

- Ongelma tavallisen tiedostojärjestelmän uuden tiedoston X luomisessa:
  - kirjoita hakemiston i-node, hakemisto, tiedoston i-node ja lopulta tiedosto
  - virta poikki (tms vika) kesken kaiken? Oooops.
- Ratkaisu: tapahtumaloki, joka takaa tiedostojärjestelmän eheyden - vrt tietokantojen loki
- Esim: Microsoft NTFS, Red Hat Linux ext3fs

36

LFS – Log-Structured File System

(Ch 6.3.8 [Tane 01])

- Koko levy on loki tapahtumista
  - uudet tapahtumat kirjoitetaan ”loppuun” vapaaseen tilaan, peräkkäisiin lohkoihin
  - nopeata, levyn täysi kapasiteetti hyödynnettävissä
- Uusi tiedosto X hakemistoon D
  - kirjoita X:n data-tapahtuma
  - kirjoita X:n metadata (i-node?) -tapahtuma
  - kirjoita X:n hakemistoalkio D:ssa –tapahtuma
- systeemi koko ajan konsistenssissa tilassa
- tiedon haku hidasta
  - ei niin paha, kun (jos) useimmat levytapahtumat kirjoittavat
  - metadata (i-node) välimuistit: i-node map, superblock
  - *cleaner* säie etsii tyhjää tilaa ja tiivistää lokeja

37

Linux ext3fs

38

Linux ext3fs

[Tweedie talk, 20.7.2000]

(http://olstrans.sourceforge.net/release/OLS2000-ext3/OLS2000-ext3.html)

- ext3fs = kirjaava (journaloiva) ext2fs
  - Muutostietojen kirjanpito erityisessä tiedostossa tai osiossa
- Tavoite: Lyhennetään toipumisaikaa
  - fsck (e2fsck) vie tunteja isossa tiedostojärjestelmässä
  - Tarvitaan parempaa saatavuutta (availability)
- Yhteensopiva ext2fs:n kanssa (ext2fs ↔ ext3fs)
  - Puhtaassa, okein suljetussa (unmounted) ext3fs tiedostojärjestelmässä ei ole muutostietoja (journal), sen voi ottaa käyttöön (mount) myös ext2fs tiedostojärjestelmänä

TKTL: ext3fs kaikissa tiedostopalvelimissa

39

Linux ext3fs

- Kirjaus (journaling) on vain lisäkerros ext2fs:n päällä
  - Riippumaton allaolevasta, todellisesta tiedostojärj. (ext2fs)
    - ext2fs:n ei tarvitse tietää mitään kirjaamisesta!
  - Operaatiot transaktioita semanttisesti
    - ”do all these 5 updates, or none of them”
  - Ohjelmointirajapinta (API) transaktioiden kirjaamiseksi lohkoina levylle

40

Linux ext3fs

- Tiedoston päivitys
  - Ensin transaktion sitoutuminen (transaction commit), vasta sen jälkeen varsinainen levyoperaatio
    - ei takeita kirjoitusajankohdasta (write behind)
    - varsinaiset levykirjoitukset tehdään JFS:n (Journaling File System) puskuroimien operaatioiden (transaktioiden) mukaisesti
  - Kirjoita loki ensin, sitoudu, sitten vasta tiedoston päivitys
    - Yleensä levyt voivat taata yhden sektorin kirjoittamisen kokonaan (tai ei ollenkaan) myös sähkökatkoksissa.

41

Windows 2000 Tiedostojärjestelmä (NTFS)

42

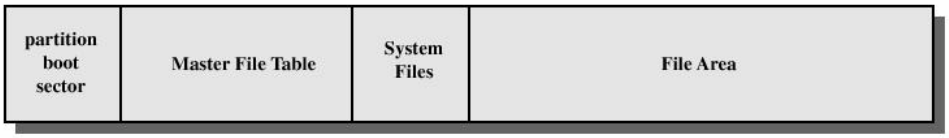
NTFS: Piirteitä

- Kaatumisista ja levyvirheistä toipuminen
  - LFS lokitiedoston avulla
- Käyttöoikeudet
  - pääsylistat (security descriptor)
- Sallii suuret levyt ja tiedostot
  - FAT32'ssa vain 2^{32} lohkoa, suuri allokointitaulu
- Tiedosto-oliot ovat *(arvo, attribuutti)* -pareja
- Mahdollisuus indeksointiin tiedoston käsittelyn nopeuttamiseksi
- Lohko, cluster
  - yksi tai useampi peräkkäinen sektori (esim. 512 B - 4 KB)
    - 32 GB levyllä 128 sektoria/lohko (⟶ lohko 64-512 KB)
  - varauksen ja kirjanpidon perusyksikkö
- Partitio, volume
  - fyysinen levyn looginen osa, jolla oma tiedostojärjestelmä

43

NTFS-partitio

(Fig. 12.17 [Stal 05])



- Boottilohko
  - partition ja tiedostojärj. rakenne, boottitietue ja -koodi
  - MFT:n sijainti
- MFT
  - tietoa tiedostoista, hakemistoista (folders) ja vapaasta tilasta
- System Files (~ 1MB)
  - kopio MFT:n alkuosasta
  - virheistätoipumisloki, bittikartta vapaat/varatut lohkot, attribuuttien kuvaustaulu
- File Area - tiedostojen lohkoille

44

NTFS – MFT (Master File Table)

Fig. 11-36 [Tane 01]

- 1 KB:n kokoisia MFT-tietueita — Fig. 11-35 [Tane 01]
  - jokainen kuvaa yhden taltiolla olevan tiedoston
    - myös hakemisto on tiedosto
  - vaihtelevanmittainen osa käytössä
    - (attribuutti, arvo) pareja (ei paikkasidonnainen!)
    - data attribuutti, 'arvo' = lohkojen sijainti — Fig. 11-34 [Tane 01]
- 16 ensimmäistä tietuetta varattu ns. metadatalle
  - 16 $-alkuista tiedostoa
- Jos pieni tiedosto, tietue sisältää myös datan
- Jos iso tiedosto, data erillisellä tallealueella
  - MFT-tietuessa lohkonumeroita — Fig. 11-37 [Tane 01]
  - kuvaus voi jatkua useampaan MFT-tietueseen

45

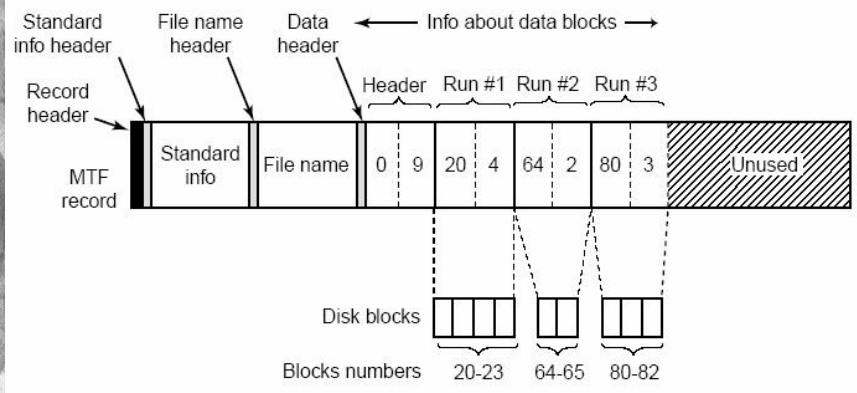


Fig. 11-36. An MFT record for a three-run, nine-block file.

[Tane 01]

46

Attribute	Description
Standard information	Flag bits, timestamps, etc.
File name	File name in Unicode; may be repeated for MS-DOS name
Security descriptor	Obsolete. Security information is now in $Extend$Secure
Attribute list	Location of additional MFT records, if needed
Object ID	64-bit file identifier unique to this volume
Reparse point	Used for mounting and symbolic links
Volume name	Name of this volume (used only in $Volume)
Volume information	Volume version (used only in $Volume)
Index root	Used for directories
Index allocation	Used for very large directories
Bitmap	Used for very large directories
Logged utility stream	Controls logging to $LogFile
Data	Stream data; may be repeated

Fig. 11-35. The attributes used in MFT records.

[Tane 01]

47

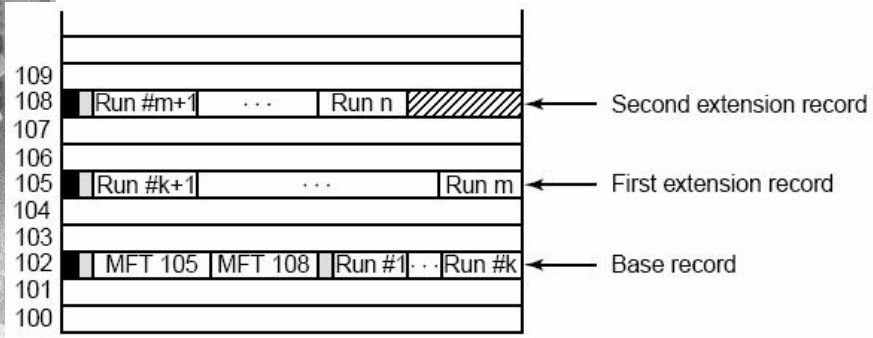
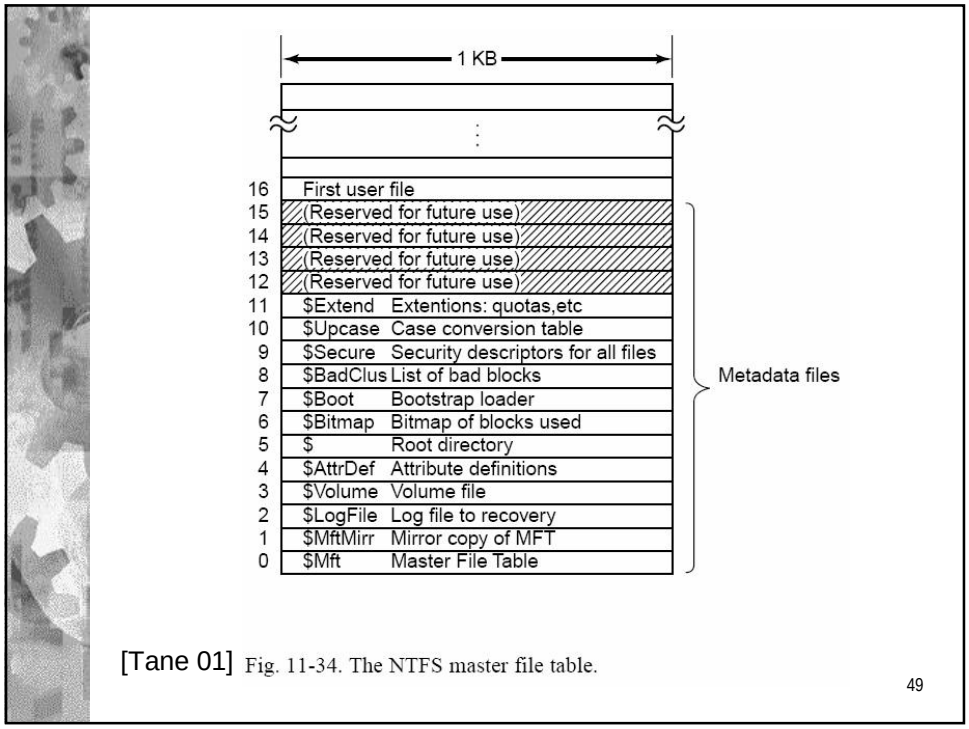


Fig. 11-37. A file that requires three MFT records to store all its runs.

[Tane 01]

48

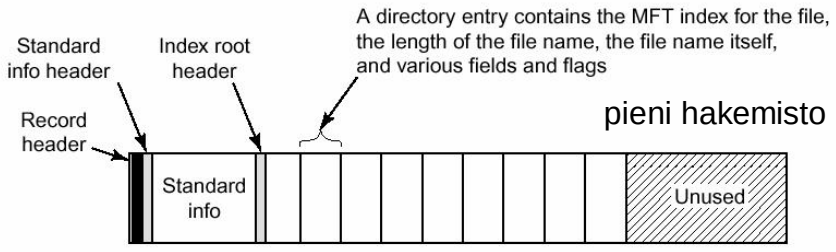


[Tane 01] Fig. 11-34. The NTFS master file table.

49

Hakemiston MFT-tietue

(Fig. 11-38 [Tane01])



- Pienissä hakemistoissa MFT-tietueet peräkkäisjärjestyksessä
- Isoissa hakemistoissa MFT-tietuessa B-puun (B-tree) indeksirakenne
  - nimen etsintä ei ole peräkkäishakua

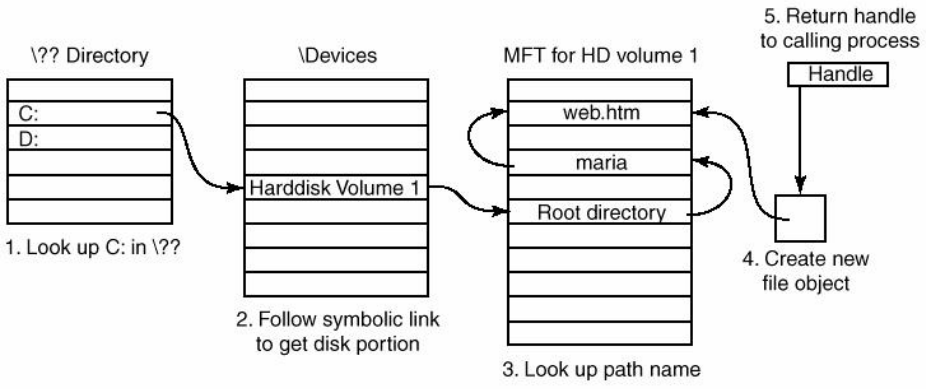
50

Tiedoston käyttö

Fig. 11-39 [Tane 01]

- CreateFile(”C:\maria\web.htm”, ...)
  - etsi ensin oikea taltio
  - juurihakemiston tietue on MFT:ssä, etsi juurihakemistosta alihakemiston tietue
  - oliomanageri: luo uusi tiedosto-olio ja palauta kahva siihen
  - prosessi käyttää kahvaa seuraavissa kutsuissa

51



(Fig. 10-39 [Tane 01])

52

NTFS API

- NTFS WIN32 API vs Unix API

Fig 11-31 [Tane 01]

Fig 11-32 [Tane 01]

- Tiedoston kopiointi Win32 APIn avulla

Fig 6.5 [Tane 01]

  - vrt. Linux

53

Win32 API function	UNIX	Description
CreateFile	open	Create a file or open an existing file; return a handle
DeleteFile	unlink	Destroy an existing file
CloseHandle	close	Close a file
ReadFile	read	Read data from a file
WriteFile	write	Write data to a file
SetFilePointer	lseek	Set the file pointer to a specific place in the file
GetFileAttributes	stat	Return the file properties
LockFile	fcntl	Lock a region of the file to provide mutual exclusion
UnlockFile	fcntl	Unlock a previously locked region of the file

Fig. 11-31. The principal Win32 API functions for file I/O. The second column gives the nearest UNIX equivalent.

[Tane 01]

54

```
/* Open files for input and output. */
inhandle = CreateFile("data", GENERIC_READ, 0, NULL, OPEN_EXISTING, 0, NULL);
outhandle = CreateFile("newf", GENERIC_WRITE, 0, NULL, CREATE_ALWAYS,
   FILE_ATTRIBUTE_NORMAL, NULL);

/* Copy the file. */
do {
   s = ReadFile(inhandle, buffer, BUF_SIZE, &count, NULL);
   if (s && count > 0) WriteFile(outhandle, buffer, count, &ocnt, NULL);
} while (s > 0 && count > 0);

/* Close the files. */
CloseHandle(inhandle);
CloseHandle(outhandle);
```

Fig. 11-32. A program fragment for copying a file using the Windows 2000 API functions.

[Tane 01]

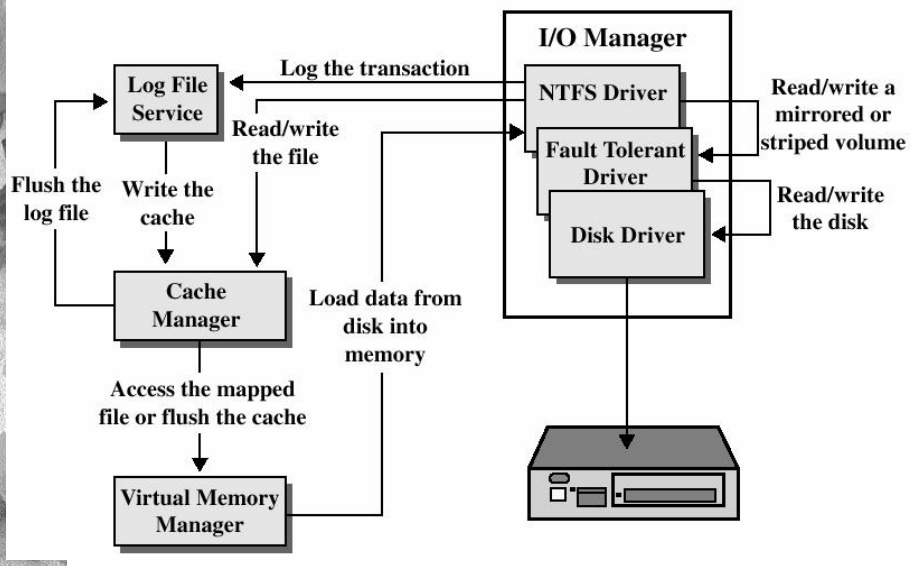
55

NTFS: Virheistä toipuminen

Fig 12.18 [Stal 05]

- Log FS
  - kirjaa lokiin kaikki taltiota muuttavat transaktiot
  - loki aluksi välimuistissa (vain kirjanpidon rakenteista)
- Muuta taltiota
  i. talleta lokitapahtuma tiedostovälimuistiin (file cache)
  ii. tiedostomuutos välimuistiin
  iii. talleta lokitapahtuma levylle välimuistista } ”tapahtuma”
  iv. talleta muutokset levylle välimuistista } ”tapahtuma”
  v. kommitoidu (commit)
- Jos k**öllä**ht**ää** ennenkuin muutokset levyll**ä**, bootti voi palauttaa edelt**ävä**n tilanteen lokin avulla (rollback)
  - ei takaa etteikö tiedostojen tietoa katoaisi
  - järjestelmä säilyy eheänä (koherenttina)

56



(Fig 12.18 [Stal05])

57

NTFS virheistä toipuminen

- Huono levysektori?
  - kirjoittamassa? kirjoita muualle OK
  - lukemassa? *too bad*, data menetetty
  - lukemassa master boot recordia tai boot sector'ia
    - *really too bad*, taltio ehkä menetetty …
    - … ellei ehjää kopiota löydy
  - NTFS Log FS pitää tiedostojärjestelmän muuten eheänä
- Yleinen lääke: Cluster Remapping
  - sektori otetaan pois käytöstä ja kyseinen looginen sektori mapataan muualle levylle
    - voi hidastaa peräkkäiskäyttöä jatkossa
    - loogiset sektorit
    - levyn sylintereillä ei enää paljon merkitystä?

58