OS MMXXIV

MIT ;)

https://pdos.csail.mit.edu/6.828

Súborový systém

Prečo potrebujeme FS?

- Perzistencia medzi reštartami systému
- Hierarchia, organizácia, pomenovanie dát
- Zdieľanie (medzi aplikáciami a používateľmi)

Čo je na návrhu FS zaujímavé

- Obnova po zlyhaní (*crash recovery*)
- Výkon (konkurentné vykonávanie)
- Zdieľanie
- Bezpečnosť
- Abstrakcia jednotného prístupu
  - /proc, /sys, …
  - rúry, schránky
  - zariadenia

Príklad systémov typu UNIX

```
fd = open("x/y.txt", …)
write(fd, "abc", 3)
link("x/y.txt", "x/z.txt")
write(fd, "def", 3)
close(fd)
```

- Súbor „y.txt” aj „z.txt” (ten istý súbor, dve rôzne cesty k jeho obsahu) obsahuje „abcdef“

UNIX FS API

- Objekty
- Obsah (údaje)
- Pomenovanie
- Organizácia
- Synchronizácia

UNIX FS API

- Objekty: súbory
- Obsah (údaje): pole bajtov
- Pomenovanie: ľudsky čitateľné
- Organizácia: hierarchia mien
- Synchronizácia: nie je

Niektoré dôsledky API

Niektoré dôsledky API

- fd odkazuje na obsah, ktorý sa zachováva, aj keď
  - sa meno súboru zmení
  - sa meno zmaže (pokým ostáva súbor otvorený)

Niektoré dôsledky API

- fd odkazuje na obsah, ktorý sa zachováva, aj keď
  - sa meno súboru zmení
  - sa meno zmaže (pokým ostáva súbor otvorený)

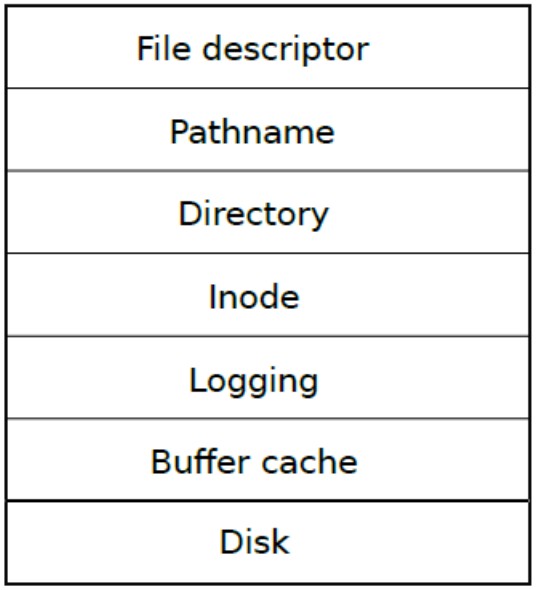


Figure 8.1: Layers of the xv6 file system.

Niektoré dôsledky API

- fd odkazuje na obsah, ktorý sa zachováva, aj keď
  - sa meno súboru zmení
  - sa meno zmaže (pokým ostáva súbor otvorený)
- Súbor môže mať viacero liniek
  - T. j. údaje sú dostupné pomocou viacerých ciest
  - Žiadna cesta nemá prioritu

Niektoré dôsledky API

- fd odkazuje na obsah, ktorý sa zachováva, aj keď
  - sa meno súboru zmení
  - sa meno zmaže (pokým ostáva súbor otvorený)
- Súbor môže mať viacero liniek
  - T. j. údaje sú dostupné pomocou viacerých ciest
  - Žiadna cesta nemá prioritu
- Takže info o súbore musí byť niekde inde ako v adresári

Niektoré dôsledky API

- FS uchováva info o súbore v tzv. i-uzle (*inode*) na disku
- FS odkazuje na i-uzol pomocou i-čísla (*inumber*) – ide o niečo podobné ako FD

Niektoré dôsledky API

- FS uchováva info o súbore v tzv. i-uzle (*inode*) na disku
- FS odkazuje na i-uzol pomocou i-čísla (*inumber*) – ide o niečo podobné ako FD

- i-uzol musí obsahovať počítadlo referencií (liniek)
- i-uzol musí udržiavať počet otvorených FD
- Uvoľnenie i-uzla je odložené, pokým počet liniek a počet otvorených FD neklesne na 0

Disk

- Údaje sa uchovávajú na perzistentnom médiu
- Najpoužívanejšie médiá
  - HDD (veľká kapacita, ale pomalé; lacné)
  - SSD (menšia kapacita, ale rýchle; drahé)

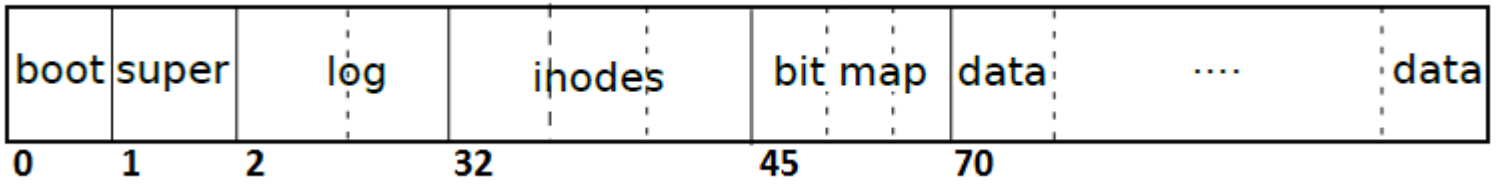
Disk

- Údaje sa uchovávajú na perzistentnom médiu
- Najpoužívanejšie médiá
  - HDD (veľká kapacita, ale pomalé; lacné)
  - SSD (menšia kapacita, ale rýchle; drahé)

- Najmenšia adresovateľná jednotka pri práci s diskom je 1 sektor = 512 B (viď rámec v RAM)
- OS pracuje s blokmi (násobok sektora)
  - xv6 používa bloky o veľkosti 2 sektorov (1 KiB)

Štruktúra disku xv6

- Blok 0: nepoužitý
- Blok 1: super blok (veľkosť fs, počet i-uzlov)
- Blok 2: začiatok blokov pre transakcie FS
- Blok 32: pole i-uzlov
- Blok 45: blok bitmapy využitia blokov (0=voľný blok, 1=použitý blok)
- Blok 70: začiatok blokov pre obsah súborov a adresárov



Štruktúra disku xv6

- Kto/čo vytvára túto štruktúru?
- Program `mkfs` (priečinok `mkfs`)(`rm fs.img`, `make`)

Štruktúra disku xv6

- Kto/čo vytvára túto štruktúru?
- Program `mkfs` (priečinok `mkfs`)

- Čo sú metadáta?
- Všetko na disku okrem samotného obsahu súborov
  - Superblok
  - i-uzly
  - Bitmapy
  - Obsah adresárov

I-uzol na disku

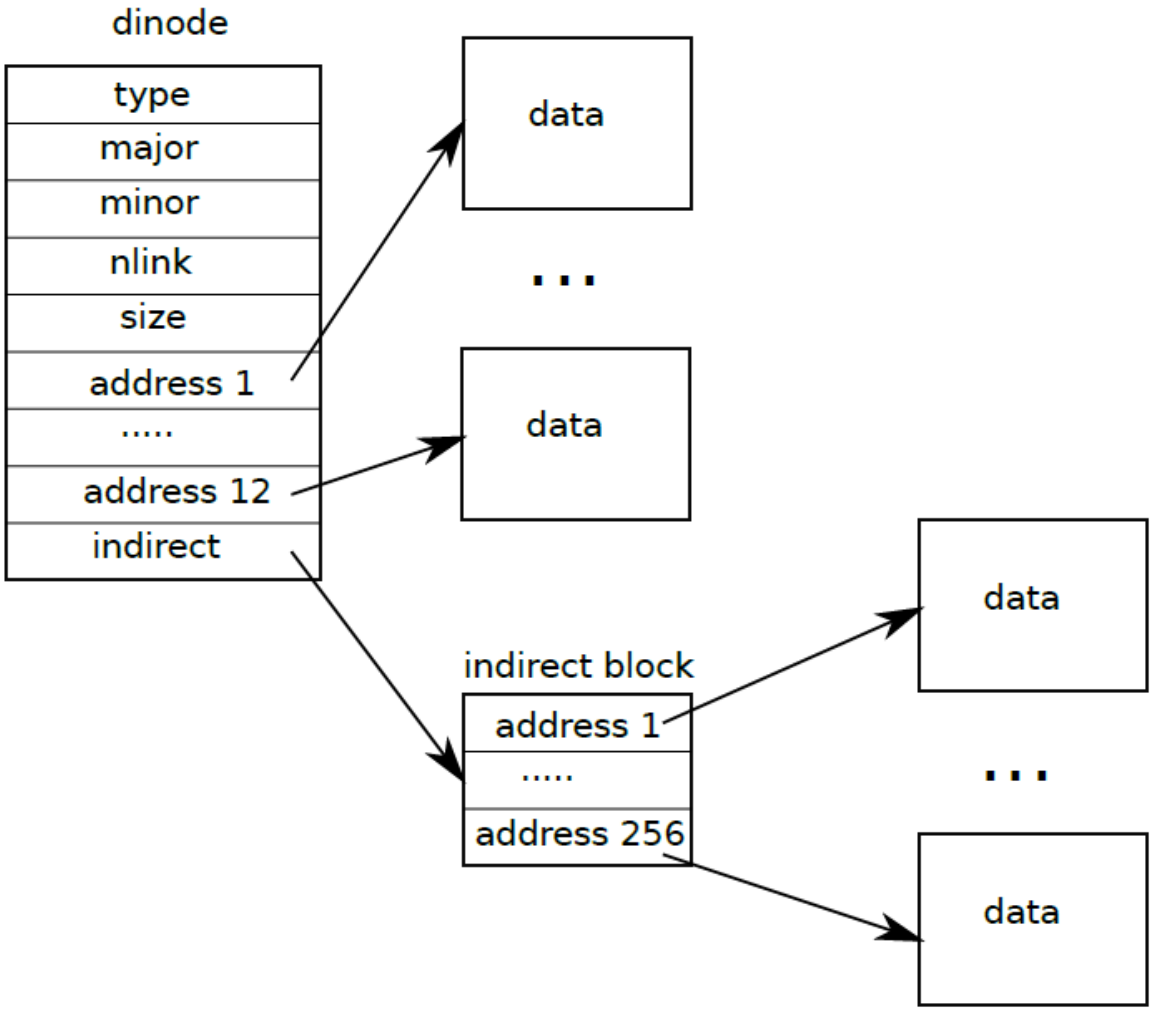


Figure 8.3: The representation of a file on disk.

I-uzol na disku

- Čo obsahuje i-uzol na disku?
  - Typ (voľný, súbor, adresár, …) (`type`)
  - Počet odkazov na súbor z adresárovej štruktúry (`nlink`)
  - Veľkosť súboru (`size`)
  - Odkazy na údaje súboru (`addrs[12+1]`)
- Obrázok priamych, nepriamych, dvojito nepriamych blokov

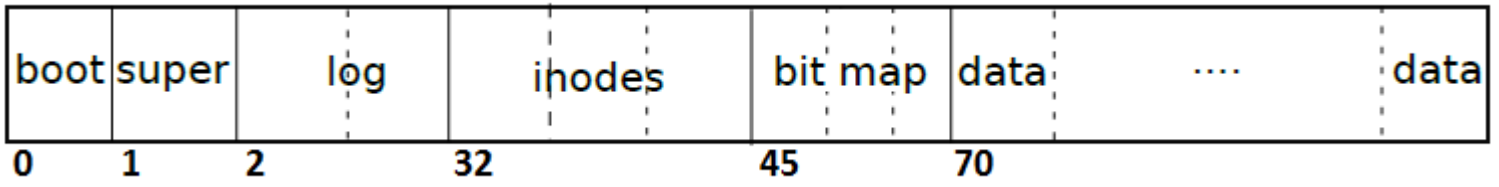
Výpočet logického bloku

- Ako nájsť adresu bloku disku, v ktorom sa nachádza konkrétny bajt súboru?
- Príklad: 8000-ci bajt súboru
  - Logický blok = 8000/`BSIZE` = 8000/1024 = 7
  - Položka v poli adries blokov súboru (`addr`) s ind. 7
- Príklad: 20134-tý bajt súboru
  - Logický blok = 20134/`BSIZE` = 19
  - Kde sa nachádza adresa logického bloku súboru číslo 19?

I-uzol xv6 na disku

- Ako nájsť i-uzol na disku?

- Každý i-uzol má svoje číslo **inum** (index do poľa i-uzlov na disku)
- i-uzol má veľkosť 64 bajtov
- Adresa i-uzla na disku: 32*`BSIZE` + 64*inum



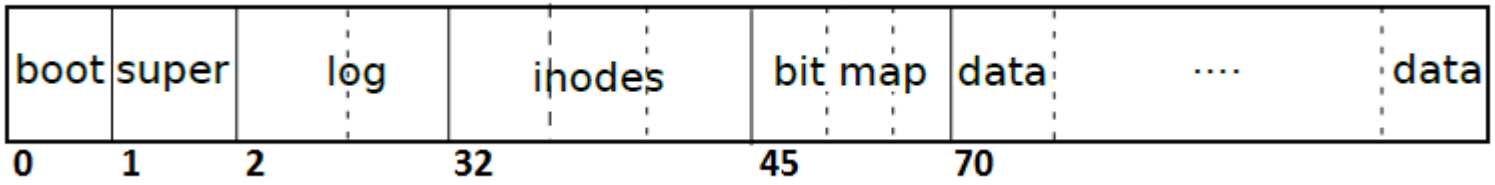
I-uzol xv6 na disku

- Štruktúra i-uzla v xv6: 64 B

- `type`: typ súboru, 2 B
- `major`, `minor`: označenie zariadenia, 2 B a 2 B
- `nlink`: počet liniek na i-uzol vo fs, 2 B
- `size`: veľkosť súboru v bajtoch, 4 B
- `addrs[NDIRECT+1]`: údajové bloky súboru, 4 B*(12+1) = 52 B

Obmedzenia FS v xv6

- Maximálny počet súborov/adresárov
- Maximálna veľkosť súboru/adresára
- Maximálna veľkosť súborového systému (disku)



Obsah adresára

- Adresár je tiež len súbor (t. j. pole bajtov)
  - Ale toto pole bajtov dokáže interpretovať jadro OS
  - K tomuto poľu bajtov nemá priamy prístup používateľ (iba pomocou systémových volaní na prácu s FS)

Obsah adresára

- Adresár je tiež len súbor (t. j. pole bajtov)
  - Ale toto pole bajtov dokáže interpretovať jadro OS
  - K tomuto poľu bajtov nemá priamy prístup používateľ (iba pomocou systémových volaní na prácu s FS)
- Súbor adresára sa v xv6 interpretuje ako pole štruktúr `dirent` (kernel/fs.h)
  - Veľkosť štruktúry je 16 B
    - Meno položky má iba 14 B
    - 2 B sú pre číslo i-uzla, ktorý popisuje obsah súboru
  - Štruktúra je voľná, ak je `inum` rovné 0

Spracovanie cesty v xv6

- Tzv. *pathname lookup* (napr. "/x/y")

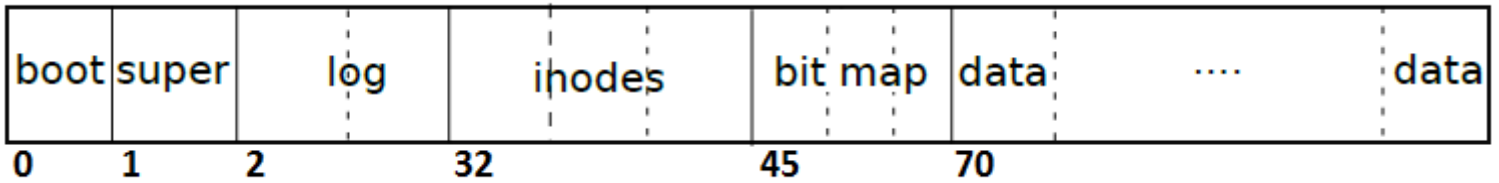
- "/" *root* → natvrdo dané číslo *root* i-uzla (1)
- V obsahu súboru, ktorý popisuje i-uzol 1, hľadaj `direntry` s menom rovným reťazcu "x"
- Ak nájdeš položku "x", v obsahu súboru, ktorý popisuje i-uzol tejto položky (v blokoch súboru "x"), hľadaj `direntry` s menom "y"
- Ak nájdeš položku "y", našiel si aj číslo i-uzla, ktorý popisuje súbor "y"

Ukážka xv6

- Zameriame sa na zápis blokov na disk

- Vytvorenie súboru
- Zapísanie do súboru
- Zmazanie súboru

- `rm fs.img && make qemu`



$ echo hi > x

// create

bwrite: block 33 by ialloc() // alloc inode in inode block 33

bwrite: block 33 by iupdate() // update nlink in inode

bwrite: block 70 by writei() // write direntry (‘x’ by dirlink())

bwrite: block 32 by iupdate() // update size of dir inode

bwrite: block 33 by iupdate() // itrunc() new inode

// write

bwrite: block 45 by balloc() // alloc a block in bitmap block 45

bwrite: block 648 by bzero() // zero the allocated block

bwrite: block 648 by writei() // write ‘hi’ to it

bwrite: block 33 by iupdate() // update size in inode

// write

bwrite: block 648 by writei() // write ‘\n’ to it

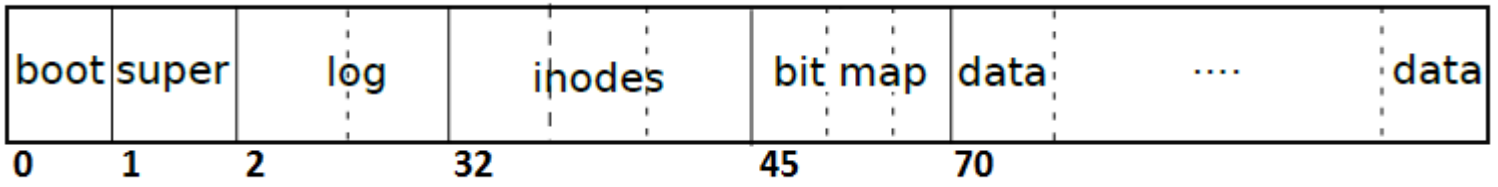
bwrite: block 33 by iupdate() // update size in inode

Graf volaní

sys_open	sysfile.c	
create	sysfile.c	
ialloc	fs.c	X
iupdate	fs.c	X
dirlink	fs.c	
writei	fs.c	X
iupdate	fs.c	X
itrunc	sysfile.c	
iupdate	fs.c	X

$ rm x

bwrite: block 70 by writei() // from sys_unlink; directory content
bwrite: block 32 by iupdate() // from writei of directory content
bwrite: block 33 by iupdate() // from sys_unlink; link count of file
bwrite: block 45 by bfree() // from itrunc; from iput
bwrite: block 33 by iupdate() // from itrunc; zeroed length
bwrite: block 33 by iupdate() // from iput; marked free



Graf volaní

sys_unlink	sysfile.c	
writei	fs.c	X
iupdate	fs.c	X
iupdate	fs.c	X
iunlockput	fs.c	
iput	fs.c	
itrunc	fs.c	
bfree	fs.c	X
iupdate	fs.c	X
iupdate	fs.c	X

Domáce čítanie

Chapter 8

File System

xv6: a simple, Unix-like teaching operating system

Okrem kapitol a častí, ktoré hovoria o logovaní transakcií FS