Téma 7 – Souborové systémy

Obsah

1. Pojem soubor, jeho atributy a základní operace
2. Adresáře a jejich struktura
3. Ochrana souborů
4. Implementace souborových systémů, datové struktury
5. Organizace systému souborů, přístup k souborům
6. Přidělování diskového prostoru
7. Systémy souborů FAT, UNIX-FS, NTFS
8. Soubory ve standardu POSIX
9. Přesměrování vstupu a výstupu

Co je to soubor?

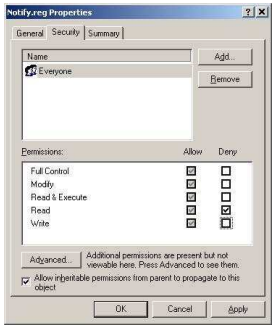
- Soubor je pojmenovaná množina dat
  - Původně jednorozměrná sekvence bajtů
    - První soubory byly ukládány na páskové paměti, které umožňovaly pouze jednorozměrný přístup
  - Soubor je dlouhodobější než program (persistentní struktura)
    - Data ze souboru jsou k dispozici i po ukončení programu
  - Struktura dat v souboru záleží na uživateli (programátorovi)
    - relativně volná – text, posloupnosti bytů, ...
    - pevně formátovaná – přísně organizovaná data (záznam, blok, index, ...)
  - Soubory s jednoduchými záznamy
    - záznamy pevné či proměnné délky; řádky (proměnná délka s oddělovači)
  - Soubory s komplexní organizací
    - soubory s jednoduchými záznamy s vloženými řídicími strukturami
    - binární spustitelné soubory určené k zavedení a relokaci v paměti
    - soubory se záznamy uspořádanými do stromových struktur (indexy)
- Operační systém zajišťuje pro soubory
  - Vytvoření souboru s daným jménem a vlastnostmi
  - Otevření souboru, čtení a modifikaci otevřeného souboru
  - Uzavření souboru a uložení změn na paměťové médium
  - Správu adresářů

Vlastnosti souborů

- Vlastnosti (příznaky, atributy) souboru
  - jméno
    - obvykle jediná informace o souboru ukládaná v textové (uživatelem čitelné) podobě
  - typ souboru (též *manipulační typ*)
    - informace pro OS, jak s manipulovat s obsahem souboru
      - adresář vidí OS jako množinu bytů, ale pracuje s nimi spec. způsobem – chápe je jako záznamy o jiných souborech
  - velikost
    - okamžitá velikost souboru (zpravidla v bytech)
  - umístění (alokace)
    - souhrn informací o místech uložení obsahu souboru na sekundární paměti
  - ochrany
    - autorizační řídicí informace (kdo co smí se souborem dělat)
  - vlastník
    - identifikace vlastníka souboru (pro autorizaci)
  - data a časy
    - zpravidla čas vytvoření, poslední modifikace a posledního přístupu k souboru (pro správu a zálohování)

Ochrana souborů

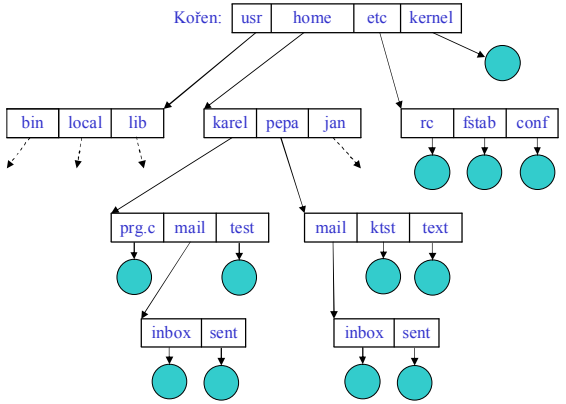
- Nutná (zejména) ve víceuživatelských systémech
- Volitelné řízení přístupu (*Discretionary Access Control*) – *DAC*
  - Vlastník souboru (ten kdo ho vytvořil) má možnost určit, kdo smí se souborem co dělat
  - Typy přístupu read, write, execute, append, delete, ...
  - POSIX – bity read, write, execute; user, group, other
    - `rwx rwx rwx`
      `u g o`
- Povinné řízení přístupu (*Mandatory Access Control*) – *MAC*
  - Možnosti práce se souborem určuje systémová politika řízení přístupu – pravidla (součást bezpečnostní politiky OS)
  - Běžní uživatelé systému nemají obvykle možnost pravidla měnit
    - může jen správce systému
  - např. Windows s NTFS



Adresáře

- Persistentní struktury k vyhledání pojmenovaných dat
  - Organizace souborů do adresářů
    - Adresář obsahuje „popisy“ souborů a případně i dalších adresářů
- Adresář
  - Množina datových položek uchovávajících informace o souborech uložených na sekundární paměti
    - obvykle na „diskovém oddílu“ ➡
    - Dvě pojetí pojmu „adresář“
      1) adresář souborového systému (nemusí obsahovat jména souborů)
      2) uživatelsky dostupná struktura se jmény souborů a odkazy do 1)
    - Položky adresářů obsahují atributy souborů
  - Operace s adresáři – potřebná efektivita
    - Vyhledání souboru, poskytnutí seznamu souborů
    - Vytvoření, zrušení či přejmenování souboru
    - Procházení souborovým systémem (hierarchií adresářů)
  - Logická organizace adresářů
    - seskupování dle nějaké logické příbuznosti
    - nezávislé pojmenovávání souborů
      - 2 uživatelé mohou dát různým souborům totéž jméno
      - 2 uživatelé mohou pojmenovat týž (sdílený) soubor různými jmény
    - struktury: stromy, acyklické grafy, B-stromy

Adresáře se stromovou strukturou



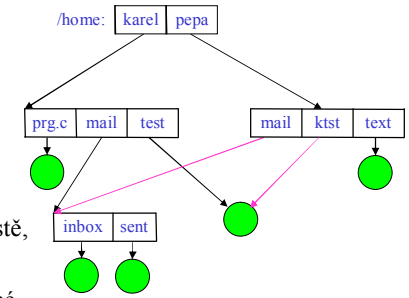
- Položky v adresářích odkazují na jiné adresáře nebo na soubory (listy stromu)

Vlastnosti stromových adresářů

- Efektivní hledání
  - logaritmicky úměrné počtu souborů
    - aspoň průměrně, nebo při rovnoměrném zaplnění adresářů
- Nezávislé pojmenování
  - stejná jména pro různé entity
    - neumožňuje však různá jména sdílených souborů
  - vytváření a rušení souborů i adresářů všude, kde na to má uživatel právo
- Pracovní adresář a přístupová cesta k souboru
  - Pracovní adresář
    - dynamicky určovaný „výchozí bod“ v sadě adresářů
    - součást pracovního prostředí procesu
  - Úseky cesty – oddělovač úseků
    - POSIX / ; DOS, Windows \
  - Absolutní cesta – začíná v kořeni stromu
    - **`/home/pepa/mail/inbox`** – začíná oddělovačem úseků
  - Relativní přístupová cesta – vztažena k pracovnímu adresáři
    - Nechť **`/home/pepa`** je pracovní adresář, pak **`mail/inbox`** odkazuje totéž

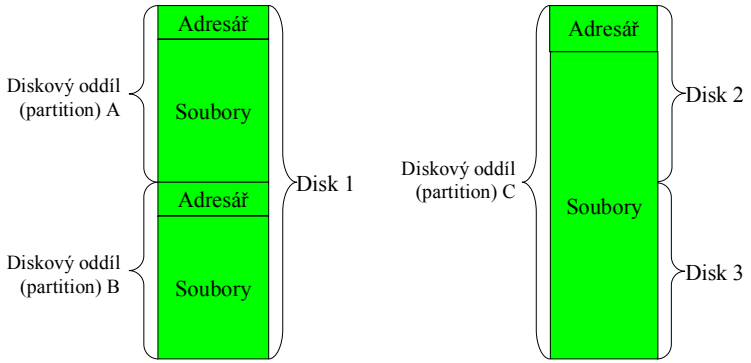
Acyklické adresáře

- Umožňují sdílet soubory i adresáře
  - tzv. aliasing – jeden objekt má 2 či více různých jmen
- Problém:
  - Zrušíme-li objekt `/home/karel/test`, bude nesmyslný odkaz `/home/pepa/ktst`



  - Dvě možná řešení
    1. zpětné ukazatele
       – objekt obsahuje údaj o místě, odkud naň vede odkaz
       → popisy objektů mají pak proměnnou délku – nevhodné
    2. popisy objektů
       obsahují čítače odkazů – objekt se fakticky zruší až když počet odkazů klesne na nulu (UNIX FS)

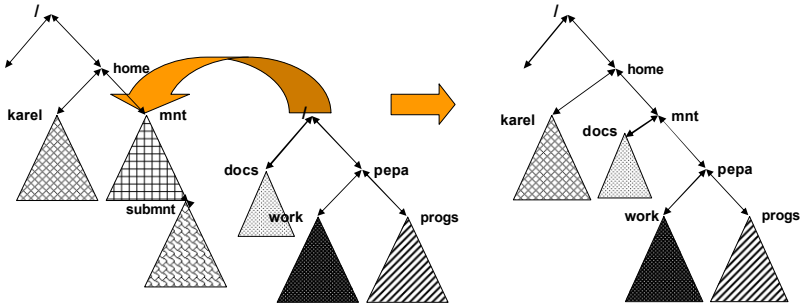
Organizace systému souborů



- Jeden disk je rozdělen na více logických oddílů a na každém z nich je samostatně organizovaný systém souborů
- Jeden diskový oddíl pokrývá více fyzických disků a systém souborů je vytvořen na tomto logickém oddílu

Připojování adresářových struktur

- Připojování souborových systémů (File system mounting)
  - Souborový systém na (výměnném, dosud nedostupném) mediu se musí zpřístupnit – připojit – namontovat
  - Připojuje se do udaného místa stávající adresářové struktury (*mount point*)
    - Dosavadní podstrom odkazovaný z místa, kam se montuje, přestane být dostupný

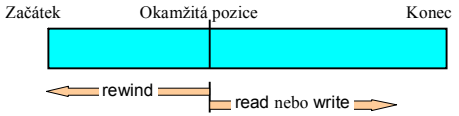


Základní operace se soubory

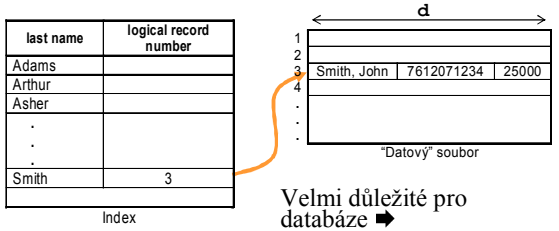
- POSIX
- Otevření souboru **`fd = open(fn)`**
  - vyhledání záznamu o souboru pojmenovaném **`fn`** v adresářových strukturách na sekundární paměti a přesunutí tohoto záznamu do hlavní paměti do tabulky otevřených souborů
- Uzavření souboru **`close(fd)`** - přesunutí záznamu o souboru z tabulky otevřených souborů na sekundární paměť
- Práce s obsahem souboru
  - **`write`**, **`read`** – tyto operace mění hodnotu ukazatele aktuální pozice v souboru, případně i obsah souboru
  - **`seek`** – změna pozice ukazatele v souboru
- Rušení souboru nebo jeho obsahu
  - **`delete`**/**`remove`** – zrušení souboru jako celku
    - v POSIX **`unlink`**
  - **`truncate`** – výmaz celého nebo části obsahu, zachová se existence souboru a jeho atributů

Přístupové metody

- Zpřístupňování záznamů v souboru
- Sekvenční přístup
  - Standardní práce se souborem
    - **`read`**
    - **`write`**
    - **`reset`** nebo **`rewind`**



- Přímý přístup
  - **`read n`**, **`write n`**
    - kde ***`n`*** je číslo záznamu
    - OS zpravidla přímo v této formě nepodporuje
  - **`seek d*n`**, následované **`read`** nebo **`write`**
    - **`d`** je délka záznamu
    - Určení záznamu jeho obsahem (klíčem)



Velmi důležité pro databáze ➡

Tabulky otevřených souborů

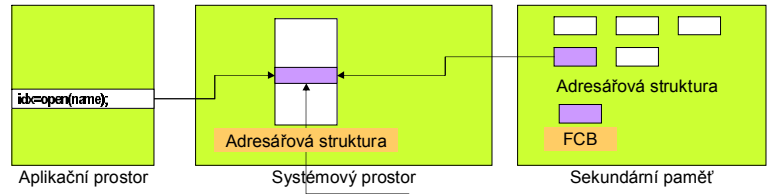
- Tabulky otevřených souborů:
  - tabulka procesu
    - jedna pro každý proces, který soubor otevřel – co s otevřeným souborem proces dělá
  - systémová tabulka – co platí o souboru nezávisle na procesech
- Záznam o souboru v tabulce příslušné procesu
  - Ukazatel na právě zpřístupňované místo v souboru (*file pointer*)
  - Přístupová práva – podle způsobu otevření souboru
  - Odkaz do systémové tabulky otevřených souborů
- Záznam o souboru v systémové tabulce
  - Čítač otevření – kolikrát byl soubor otevřen (`open`), aniž byl zavřen (`close`) – záznam o souboru se odstraní z hlavní paměti, když čítač otevření klesne na 0
  - Alokační informace – umístění souboru na disku
  - Velikost souboru – zpravidla v bytech
  - Časové údaje – kdy byl soubor zpřístupněn, modifikován
  - Zámky sdílení – je-li soubor otevřen sdíleně

Implementace souborových systémů

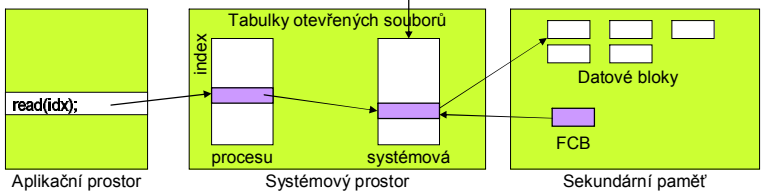
- Systém souborů jako součást operačního systému bývá vrstven
  - I/O Control: drivery, správa přerušení
  - Basic File System: čtení/zápis fyzických bloků z/na disk
  - File Organization Module: správa (volné) paměti na disku
  - Logical File System (LFS): správa metadat
    - organizace souboru, File Control Block – FCB, adresáře souborů, ochrany, bezpečnost
- FCB – řídicí struktury pro práci se souborem
  - Vytvoření souboru
    - Aplikace volá LFS, který vytvoří nový FCB, na disku opraví adresář a uloží nový FCB
  - Otevření souboru
    - LFS najde záznam o souboru na disku a jeho FSB zavede do paměti
  - LFS udržuje FCB otevřeného souboru v paměti
    - v systémové tabulce otevřených souborů

Datové struktury implementace FS

- Otevření souboru – jméno souboru se namapuje na tzv. index souboru
  (manipulační údaj = file-descriptor – POSIX, file-handle – Windows)



- Čtení souboru

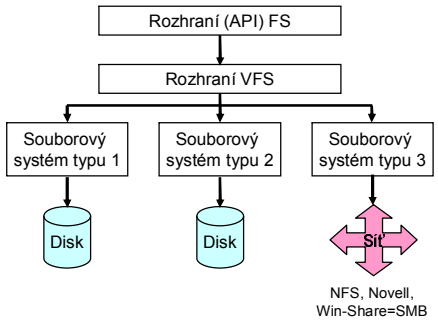


Čistý disk a disk spravovaný FS

- Raw disk – aplikace obhospodařuje prostor na disku
  - některé databázové systémy
- Disk spravovaný operačním systémem,
  - disk obsahující souborový systém
- Root (Boot) partition
  - obsahuje zaváděnou kopii OS
  - Boot Control Block
    - specifikace *root partition*
    - Unix: *boot block*
    - Windows: *partition boot sector*
  - Partition Control Block
    - specifikace datové oblasti (počet a rozměr bloků, odkaz na volnou paměť, odkaz na adresáře, ...)
    - Unix: *superblock*
    - Windows, NTFS: *Master File Table*

Virtualizace souborového systému

- Cíle virtuálního souborového systému (VFS)
  - možnost používat jednotné rozhraní systémových volání (API) i pro odlišné typy souborových systémů
  - API se vytváří spíše jako API k rozhraní VFS než jako rozhraní ke konkrétnímu systémů souborů
- Proč více systémů souborů?
  - jiný pro pevné disky
  - jiný pro diskety
  - jiný pro CD, DVD, ...
  - interoperabilita různých OS



Implementace adresářů

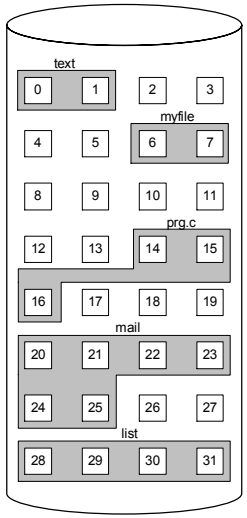
- Musí se zajistit rychlé prohledávání
- Lineární seznam jmen souborů s ukazateli na bloky dat
  - jednoduše programovatelné, avšak vyhledávání souborů dle jmen je časově náročné
- Hašovaná tabulka – seznam s hašující strukturou
  - mohou se vyskytovat kolize, když různá jména generují tutéž adresu
  - vyžaduje se obvykle pevná velikost adresáře
- Komplexní datová struktura – např. B+ strom
  - užito NTFS v MS Windows

Přidělování diskového prostoru

- Přidělování alokačních bloků souborům
- Přidělování souvislých diskových prostoru
  - Každý soubor zabírá množinu sousedních bloků disku
    - Obrovská externí fragmentace
    - Kolik bloků přidělit souboru, jehož velikost není předem známa?
  - Alternativa – Extent-Based File Systems
    - Souborům se přiděluje vždy několik souvislých úseků, tvořených několika diskovými bloky – *extents*
    - Soubor je tvořen jedním nebo více „extenty"
- Nesouvislé soubory
  - Vázané přidělování prostoru
    - Soubor je provázaným seznamem diskových bloků
    - Bloky jsou rozptýleny po disku libovolně
    - Pro každý soubor existuje uspořádaný seznam bloků, které soubor obsazuje
  - Indexované přidělování prostoru
    - Odkazy na bloky přidělené souboru jsou seskupeny v *indexovém bloku*, (též *tabulce indexů*)
    - Indexové bloky lze organizovat hierarchicky

Přidělování souvislého prostoru

- Každý soubor zabírá posloupnost sousedních bloků
- Výhody
  - Malé pohyby diskových hlav – rychlé čtení
  - Jednoduchá evidence – jen začátek a počet bloků
  - Sekvenční i přímý přístup
- Nevýhody
  - Špatné využití diskového prostoru
    - hledání volného prostoru (BEST-FIT, FIRST-FIT, ...)
  - Soubory nemohou růst (obtížně připisování)
  - Nutnost „setřásání"



Adresář

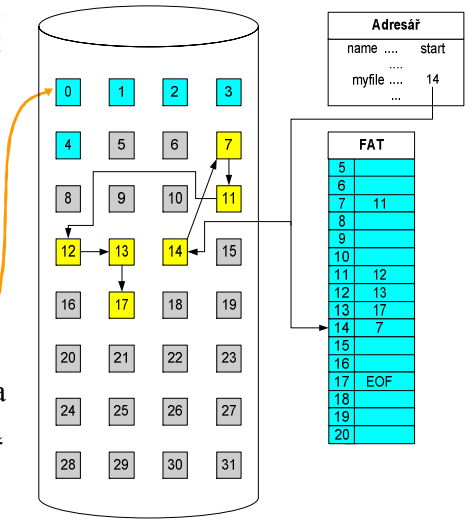
file	start	count
text	0	2
myfile	6	2
prg.c	14	3
mail	20	6
list	28	4

Vázané přidělování prostoru

- Alternativní názvy: mapa disku, *File Allocation Table* (FAT)
  - používáno v MS-DOS, OS/2, Windows 95/98/ME, ...
    - fakticky jde o implementaci seznamu
- Jednoduché
  - stačí znát jen adresu 1. bloku souboru
  - řetězený seznam bloků souboru
- Není nutno udávat velikost souboru při jeho vytváření
- Vhodné zejména pro sekvenční přístup
  - snadné připisování
- Nevzniká externí fragmentace
  - netřeba setřásat
    - Přesto se to občas dělá kvůli přístupové rychlosti
- Problém s velikostí tabulky
  - velký disk
    - mnoho malých bloků → obrovská tabulka
    - méně velkých bloků → malé využití vlivem vnitřní fragmentace
    - nutný kompromis

Mapa disku a FAT

- Mapa disku – tabulka FAT je umístěna mimo vlastní oblast souborů na disku
- První blok souboru je odkazován z adresáře
- Další bloky jsou pak ve formě provázaného seznamu uvedeny ve FAT
- Rezervované hodnoty ve FAT určují
  - konec řetězce bloků
  - vadné bloky
- Umístění FAT:
  - Konvencí určené místo na disku odkazované z „*Partition Control Block*“



Problém velikosti alokačního bloku FAT

- Alokační blok, cluster
  - posloupnost sousedních sektorů
- Fixní velikost FAT na disku
- Různé typy FAT
  - Položka ve FAT má velikost 12, 16 nebo 32 bitů
  - Tvar adresářové položky (MSDOS):

FAT-16

8 bytů	3	1	10	4	2	4
Jméno	Přípona	Atributy	Rezervováno	Datum a čas	1. blok	Délka

- Adresační schopnost různých typů FAT

Velikost bloku	FAT-12	FAT-16	FAT-32
0,5 KB = 1 sektor	2 MB	a)	
1 KB = 2 sektory	4 MB		
2 KB = 4 sektory	8 MB	128 MB	
4 KB = 8 sektorů	16 MB	256 MB	1 TB
8 KB = 16 sektorů	b)	512 MB	2 TB
16 KB = 32 sektorů		1 GB	2 TB
32 KB = 64 sektorů		2 GB	2 TB

Nevyplněné položky v tabulce se nepoužívají, neboť:

a) velikost FAT by byla neúměrně velká vzhledem ke kapacitě disku

b) ztráty vnitřní fragmentací by přesáhly únosnou mez

Windows – FAT-32

- Velké disky, dlouhá jména (UNICODE), zpětná kompatibilita

Základní adresářová položka

8 bytů	3	1	1	1	4	2	2	4	2	4
Jméno	Přípona	A	N T	FC T	Datum a čas vytvoření	Poslední přístup (datum)	1. blok horních 16 bitů	Datum a čas poslední modifikace	1. blok dolních 16 bitů	Délka souboru v bytech

(Fine Creation Time) – 1 byte s hodnotou 0 – 199 upřesňující čas vytvoření v 10 ms jednotkách.

Doplňková adresářová položka

1	10	1	1	1	12	2	4
	5 znaků jména	A	0	CS	6 UNICODE znaků jména	0	2 znaky

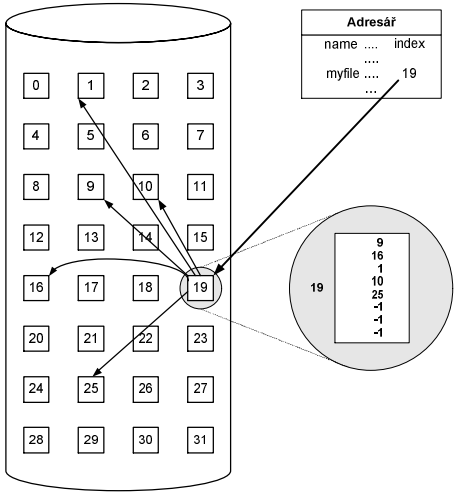
Sekvenční číslo — Kontrolní součet

Příklad: Soubor␣se␣strasne␣moc␣dlouhym␣nazvem␣cislo1.doc

68	s	l	o	1	.	A	0	CS	d	o	c	Ø			0		
3	h	y	m		n	A	0	CS	a	z	v	e	m		0	c	i
2	a	s	n	e		A	0	CS	m	o	c		d	l	0	o	u
1	S	o	u	b	o	A	0	CS	r		s	e		s	0	t	r
SOUBOR~1					DOC	A	1	0	Datum a čas vytvoření		Poslední přístup	1. blok 16 MSB	Datum a čas modifikace		1. blok 16 LSB	Délka souboru v bytech	

Indexové přidělování

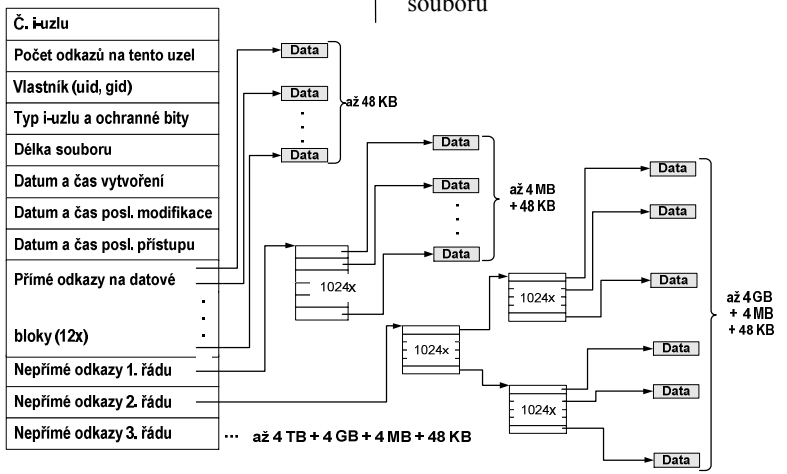
- Položka adresáře odkazuje na blok obsahující index – seznam bloků
- Vhodné pro sekvenční i přímý přístup
- Indexní blok se při otevření souboru nahraje do operační paměti
- Indexy možno organizovat hierarchicky (Unix FS – UFS)



UNIX FS

Soubor je popsán tzv. i-uzlem
- v i-uzlu není jméno souboru
- i-uzly jsou odkazovány z adresářů

- i-uzel čítá odkazy vedené z adresářů a ruší se, když čítač klesne na 0
- i-uzel obsahuje informace o ochraně souboru



Správa volného prostoru

- Volná paměť jako řetěz volných bloků
  - analogie s tabulkou FAT
  - prostorově náročné
  - obtížné hledání souvislých bloků
- Bitová mapa (nejčastější)
  - co bit to diskový blok
  - bitová mapa umístěná na disku je úsporná
    - blok 4 KB = 2^{12} bitů, disk 64 GB = 2^{36} bytů = 2^{24} bloků, 2^{24} bitů = 2^{16} bytů = 16 MB diskového prostoru – nepatrné %
  - bitová mapa se upravuje v paměti a nelze připustit, aby na disku se blok jevil jako volný, zatímco v paměti byl obsazen – okamžité propisování na disk
    - Řešení: nastav bit na disku, pak přiděl blok a pak teprve nastav bit v paměti

Systém souborů Windows NTFS

- Základní strukturou je svazek (*volume*)
  - Analogie *partition*
  - Na discích jsou svazky formátovány pomocí *disk administrator utility*
  - Svazek může být vytvořen na části disku, na celém disku nebo se může prostírat přes více disků
- Vše je popsáno jako tzv. metadata
  - všechna metadata, vč. např. informace o svazku, jsou ukládána na disku jako soubory
- Struktura disku
  - ID sektor – Boot sektor
  - tabulka MFT
  - ostatní systémové soubory
  - oblast uživatelských adresářů a dat

Systém souborů Windows NTFS (2)

- Alokační blok (cluster)
  - navrženo i pro obrovské disky

Velikost svazku	Velikost bloku
<= 1 GB	1 KB
2 GB	2 KB
4 GB	4 KB
32 GB	32 KB
pro větší disky	128 KB

- Vnitřní organizace NTFS
  - diskové adresy: pořadová čísla – *logical cluster numbers* (LCN)
  - soubor v NTFS
    - Není prostým proudem bytů jako v MS-DOS nebo v UNIXu
    - Jde spíše o strukturovaný objekt tvořeným atributy (pojmenované atributy – jméno, přístupová práva, doba vytvoření, ... + bezejmenné atributy – data)
    - je popsán jedním nebo několika záznamy v poli („řádku") uchovávaném ve speciálním souboru („tabulce") – Master File Table (MFT)

Systém souborů Windows NTFS (3)

- Zobrazení souboru
  - rezidentní atributy (definice a méně rozsáhlá data) uloženy přímo v záznamech MFT
  - nerezidentní atributy (nerezidentní vůči MFT) – rozsáhlé datové atributy v externích alokačních blocích referencovaných z rezidentních atributů
- Vlastnosti souborů
  - vnější jméno (až 255 UNICODE znaků)
  - jedinečné vnitřní jméno, ID, file reference
    - 64-bitový údaj tvořený dvojicí
      - 48-bitové číslo souboru (pořadové číslo definičního záznamu v MFT)
      - 16-bitové pořadové číslo inkrementované s každým použitím MFT záznamu (používá se pro vnitřní kontroly konzistence obsahu disku)
  - Prostor jmen NTFS je organizován do hierarchie adresářů
    - index jmen v každém adresáři má strukturu *B*+-stromu
    - v listech *B*+-stromu jsou vedle ukazatelů na data zopakovány atributy typu *jméno*, *velikost*, *doba vytvoření* (pro rychlé výpisy)
    - rychlé prohlížení – jména souborů jsou setříděná, doba prohledávání roste méně než lineárně s počtem souborů

NTFS: MFT a systémové soubory

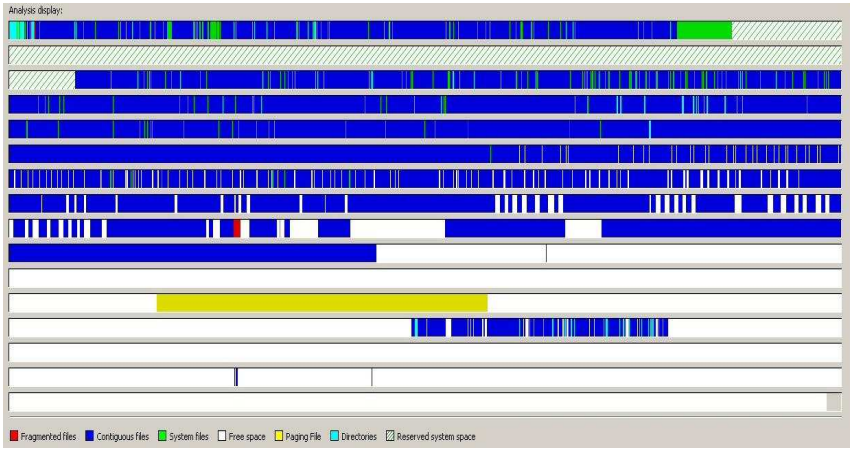
- Hlavní tabulka souborů, definice obsahu svazku
  - Relační databáze ➡
    - řádky (záznamy) – soubory, sloupce – atributy
  - záznamy MFT – definice souborů na NTFS svazku
  - komponenty záznamu MFT:
    - časová značka, čítač násobných vazeb, jméno souboru / adresáře, seznam externích alokačních bloků, bezpečnostní deskriptor (vlastník, kdo smí sdílet), data nebo index na data, bitová mapa použitých záznamů v MFT nebo v adresáři, ...
  - v MFT jsou záznamy s ukazateli na alokační bloky, které se nevešly do MFT struktury
- Systémové soubory
  - MFT a jeho záložní kopie
  - protokol: seznam akcí pro obnovu (*recovery*), změn adresářů, vytvoření souboru, ...
  - soubor se jménem svazku
  - soubor s definiční tabulkou atributů
  - soubor s indexem na kořenový adresář
  - soubor s bitovou mapou volných a přidělených alokačních bloků
  - soubor s definicí vadných sektorů

NTFS – zotavování z chyb

- Všechny korekce datových struktur systému souborů (metadat) jsou transakce ➡ s protokolováním (*are logged*)
  - Dříve než se datová struktura změní, transakce zapíše záznam do protokolu, který obsahuje *redo* (jak operaci zopakovat) a *undo* informace (jak se vrátit do stavu před provedením operace)
  - Po změně datové struktury se do protokolu poznačí potvrzovací záznam (*commit record*) potvrzující úspěšné dokončení transakce
  - Když „systém spadne", selže, lze datové struktury systému souborů pomocí záznamů v protokolu vrátit do konzistentního stavu z okamžiku před výpadkem systému
- Pomocí protokolovaných transakcí se řeší korekce systémových datových struktur, nikoliv korekce uživatelských souborů.
  - Není záruka obnovy všech uživatelských souborů po výpadku:
    - nesmí být porušeny soubory s metadaty
    - před výpadkem musí být systém v konzistentním stavu
- Protokol transakcí je uchováván jako metadatový soubor na počátku svazku
- Protokolování je v systémech Win 2000/XP realizováno službou log file service
  - tato „služba" však není klasická *windows service* (není vidět jako proces)

NTFS – reálný snímek disku

- Snímek diskového oddílu o velikosti 60 GB



Porovnání koncepcí NTFS a FAT

- NTFS je určen pro disky s kapacitou větší než 500 MB
- FAT je pro stejný počet souboru méně paměťově náročný
- FAT má jednodušší strukturu, operace jsou efektivnější
- NTFS používá bezpečnostní deskriptor
  - individuální a skupinové řízení přístupu
  - ve FAT systému neexistuje
- Podpora obnovy je implementována jen v NTFS
  - seznam transakcí s daty
  - body regenerace (check-pointing) a automatická obnova konzistence
- *B*+-stromová struktura adresářů v NTFS – rychlejší přístup k souborům, minimalizace přístupů na disky, logaritmická složitost – průměrně log *N*
- FAT: při hledání souborů vždy sekvenční průchod alokačními bloky adresářů – průměrně *N*/2
- Vytvoření souboru ve FAT systémech je rychlejší
- Otevření souboru ve FAT
  - je rychlé, je-li soubor na začátku adresáře
  - neexistuje-li soubor, je nutno prohledat celý adresář

Speciální soubory POSIX

- V POSIX systémech jsou všechna periferní zařízení považována za soubory
  - tzv. speciální soubory
  - i-uzel speciálního souboru je formálně shodný s i-uzlem diskového souboru
  - Místo alokačních informací jsou v i-uzlu dvě čísla
    - ***major*** – identifikuje ovladač ZVV, jehož prostřednictvím systém se ZVV komunikuje
    - ***minor*** – hodnota předávaná ovladači jako modifikátor jeho funkce. Obvykle udává, které z řady ZVV obhospodařovaných ovladačem i-uzel popisuje. Může obvykle svými jednotlivými bity zadávat ovladači doplňkové informace
    - Příklad:

Jméno spec. souboru	Major	Minor	Význam
/dev/ttyd0	20	0	"Vstupní" modemová linka (call-in)
/dev/cua0	20	128	Modem s telefonní volbou ven (call-out)

Pseudosoubory POSIX

Vedle diskových a speciálních souborů považuje POSIX za soubory

- Symbolické spojky (*symbolic link, symlink*)
  - umožňují vést odkazy na soubory i přes jednotlivé diskové oddíly
  - cíl odkazu se nekontroluje
  - obdoba „zástupce“ (*shortcut*) ve Windows, NTFS umožňuje skutečné symbolické spojky (*junction*)
  - služby OS umožňují použít symlink pro odkaz na soubor nebo symlink číst a měnit
- Roury (*fifos*) – pojmenované objekty pro lokální meziprocesní komunikaci
  - Z pohledu API se jako dvojice souborů chová i nepojmenovaný dočasný komunikační kanál zakládaný procesem za účelem komunikace jeho potomků. Pojmenovaná roura umožňuje, aby mohly komunikovat i procesy bez přímého společného rodiče (viz dále)
  - Spíše historická záležitost – nahrazeno sockety
- Sockety – pojmenované objekty pro komunikace po síti
  - Jeden proces socket otevře a „poslouchá na jeho výstupním konci“, jiné procesy mohou do „vstupního konce“ socketu posílat zprávy
  - Z pohledu API se jako dvojice souborů chová i nepojmenovaný dočasný socket – funkční rozšíření nepojmenované roury

Soubory v POSIX API

Každý nově spouštěný proces v POSIX-ovém systému zdědí od svého rodiče otevřené soubory. Tři jsou standardní:

- **`STDIN`** – manipulační číslo 0 – soubor na němž se předpokládá základní vstup procesu – nejčastěji klávesnice spouštějícího terminálu
- **`STDOUT`** – manipulační číslo 1 – soubor na němž se předpokládá základní výstup procesu – nejčastěji obrazovka spouštějícího terminálu
- **`STDERR`** – manipulační číslo 2 – soubor, na němž se předpokládá chybový výstup procesu – nejčastěji opět obrazovka spouštějícího terminálu

Při zavírání souboru

- služba **`close(fd)`** způsobí, že manipulační číslo **`fd`** se uvolní pro další použití

Při otvírání souboru

- služba **`fd = open(fname, ...)`** použije nejmenší volné manipulační číslo **`fd`** uvolněné službou **`close()`**

Další důležité služby pro soubory POSIX

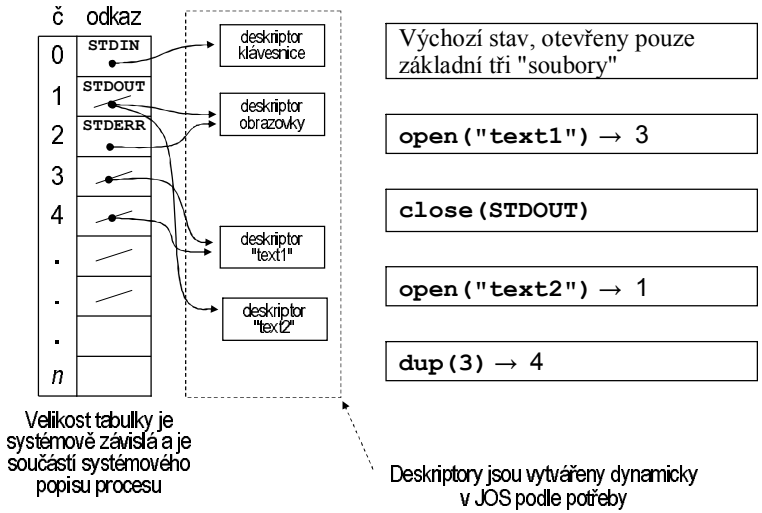
Vedle dříve vyjmenovaných POSIX služeb pro práci se soubory uveďme některé další:

- **`fd = dup(fd0)`** – duplikace manipulačního čísla souboru
  - Otevřený soubor přístupný přes manipulační číslo `fd0` je zpřístupněn i přes manipulační číslo **`fd`**, přičemž platí stejné pravidlo o přidělení tohoto čísla jako u operace **`open()`** (nejmenší volné)
- **`int fd[2];`**
  `s = pipe(fd)` – založení komunikační roury
  - Vytvoří se komunikační kanál – roura. Služba vrátí do **`fd[0]`** manipulační číslo pseudosouboru, jehož prostřednictvím se zpřístupní „čtecí konec“ roury, a ve **`fd[1]`** je k dispozici manipulační číslo „zápisového konce“
  - Systém eviduje „počet otevření“, tj. počet odkazů na příslušný konec roury
  - Roura se automaticky zruší, jakmile čítače otevření na obou koncích klesnou na 0

Detaily uvedených služeb OS lze najít např. na

http://www.freebsd.org/cgi/man.cgi?&sektion=2 a jejich použití na http://www.faqs.org/faqs/unix-faq/programmer/faq/

Tabulka otevřených souborů z pohledu procesu



Výchozí stav, otevřeny pouze základní tři "soubory"

`open("text1")` → 3

`close(STDOUT)`

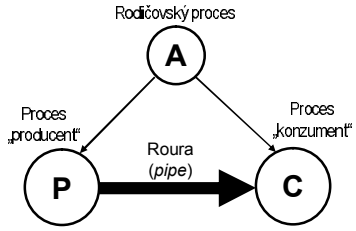
`open("text2")` → 1

`dup(3)` → 4

Implementace přesměrování

Uvedené služby pro práci se soubory umožňují implementaci přesměrování standardního vstupu či výstupu procesů

- Přesměrování obvykle zajišťuje rodičovský proces
- Rodič nejprve založí komunikační rouru službou pipe() a poté vytvoří své potomky službou fork(). Ti zdědí od svého rodiče všechny otevřené soubory včetně obou konců roury
  - Analogicky může rodič otevřít existující soubor pro vstup a/nebo vytvořit soubor výstupní
- V kódu potomků(a) provede příslušné manipulace s otevřenými soubory (zavírá a duplikuje manipulační čísla) a pak teprve volá službu exec().



Implementace přesměrování – příklad

```
int pd[2];              /* pd[0] deskr. čtení z roury     */
                        /* pd[1] deskr. zápisu do roury   */
int child1, child2, wrval;
void main()   {
    pipe(pd);                   /* Vytvořit rouru    */
    child1 = fork();
    if(child1==0) {             /* potomek 1 */
              close(1);         /* zavřít stdout           */
              dup(pd[1]);       /* vstup do roury na stdout*/
              close(pd[1]);     /* zavřít nepoužité        */
              close(pd[0]);     /*        konce roury      */
              execl("./producent", "producent", 0);
    }
    /* původní rodič */
    child2 = fork();
    if(child2==0) {             /* potomek 2 */
              close(0);         /* zavření stdin           */
              dup(pd[0]);       /* výstup z roury na stdin */
              close(pd[1]);     /* zavřít nepoužité        */
              close(pd[0]);     /*        konce roury      */
              execl("./konzument ", "konzument", 0);
    }
    /* původní rodič */
    close(pd[1]);               /* zavřít nepoužité        */
    close(pd[0]);               /*        konce roury      */
    wrval = waitpid(-1);        /* první potomek končí?    */
    printf("Child%ld finished\n", wrval==child1?1:2);
    wrval = waitpid(-1);        /* druhý potomek končí?    */
    printf("Child%ld finished\n", wrval==child1?1:2);
    exit(0);
}
```

Roura se automaticky ruší, když na žádný z jejích konců nevede z žádného procesu odkaz

Tento kód neošetřuje chybové situace

Dotazy