PB001: Úvod do informačních technologií

Luděk Matyska (Eva Hladká)

Fakulta informatiky Masarykovy univerzity

podzim 2017

Obsah přednášky

Klasifikace OS

- Monolitický
- Vrstvený
- Modulární
- Koncept kernelu a mikro-kernelu

Monolický OS

- Původní operační systémy (proprietární)
- Abstrakce nepoužívána příliš *dovnitř*
  - jedna skupina "opravdových programátorů" po celou dobu životnosti OS
- Nejasné rozlišení funkcí uvnitř operačního systému
- „Velké", špatně rozšiřitelné, špatně udržovatelné
- Poplatné době pomalejšího vývoje hardware a jeho vysoké ceny

Vrstvený OS

- Vrstvy odpovídají procesům správy:
  - Správa CPU
  - Správa paměti
  - Správa periferií
  - Správa systému souborů
- Lepší abstrakce
- Komunikace mezi vrstvami
  - Komplikuje strukturu
  - Riziko obcházení (shortcuts)
  - Jistá penalizace ve výkonu

Modulární OS

- Moduly namísto vrstev
- Zapouzdření (enkapsulace) funkcí
- Komunikace mezi moduly
  - Složitější na obejití
  - Může mít vyšší režii (vyšší penalizace ve výkonu)
- Příbuzný objektovému přístupu
- Lepší údržba
  - Moduly menší, snáze se vyměňují než celé vrstvy
- Riziko vzniku „fatware“
  - Příliš mnoho příliš malých modulů

Kernel operačního systému

- Kernel, též *jádro* operačního systému:
  - Základní složka operačního systému
  - Odpovídá za:
    - Alokaci a správu zdrojů
    - Přímé ovládání hardware (nízkoúrovňové interfaces)
    - Bezpečnost
- Mikrokernel:
  - *Malé je pěkné*
  - Modulární přístup, malé moduly odpovídající za konkrétní operace
  - Řada funkcí až v uživatelském prostoru
  - Vysoce flexibilní, upravení operačního systému podle potřeby

Aplikační programová rozhraní (API)

- Definují způsob („calling conventions“) přístupu k operačnímu systému a dalším službám
- Sestává se z definicí funkcí, datových struktur a tříd
- Představuje *abstrakci* volané služby
- Účel:
  - Přenositelnost
  - Snadná správa kódu
- Další použití
  - Překlad mezi službami vysoké a nízké úrovně
    - Převod typů/struktury parametrů
    - Převod mezi způsoby předávání parametrů (by-value a by-reference)

API – příklady

- Práce se soubory:
  - Otevření: `int open(char *path, int oflag, ...)`
  - Čtení: `int read(int fildes, char *buf, unsigned nbytes)`
  - Zápis: `int write(int fildes, char *buf, unsigned nbytes)`
  - Zavření: `int close(int fildes)`
- Práce s pamětí:
  - Alokace paměti: `void *malloc(size_t size)`
  - Uvolnění paměti: `void free(void *ptr)`
  - Změna alokace: `void *realloc(void *ptr, size_t size)`

Periferie z pohledu (modulárního) OS

- Zpřístupněny prostřednictvím příslušného API
- Abstrakce: možnost výměny konkrétního zařízení (disk, síťová karta) bez vlivu na způsob použití
- Příznaky a klíče pro ovládání specifických vlastností: přenositelnost versus efektivita

- Ovladače na nejnižší úrovni („nejblíže“ hardware)
  - Specifické „jazyky“ ovládání periferií na této úrovni
  - Práce se *signály* (např. změna stavu periferie)

Periferie z pohledu (modulárního) OS

Začlenění ovladače do jádra

- kooperativní vs. hierarchické (možnost preempce)
- efektivita vs. stabilita
- formální verifikace ovladačů: Microsoft Static Driver Verifier

Příklady

- Práce s diskem
- Ovládání klávesnice a myši (čtení signálů)
- Grafika a ovládání grafických rozhraní
- Síťové karty

OS: Procesy

- Proces je abstrakce průchodu programem
  - Sekvenční model: program = 1 proces
  - Paralelní model: program > 1 proces
- Proces má *interní stav*, charakterizovaný
  - programovým čitačem (program counter)
  - zásobníkem (volání funkcí a procedur)
  - vlastní pamětí pro data

Typy procesů

- Klasické (heavy-weight) procesy (např. UNIX)
  - Všechna data privátní
  - Sdílen pouze program (read-only)
- *Lehké* (light-weight) procesy či Vlákna (threads)
  - Minimum vlastní paměti
  - Většina dat sdílena

Procesy detailněji

- Vytvoření procesu
  - `fork()` a jeho varianty
  - *Přesná* kopie původního procesu
  - *Rodič* a *potomek*
  - První proces v OS vytvářen jinak (`init` v Unixu)
- Stavy
  - Start/vytvoření, připraven (ready), běží (running), je blokován (čeká), skončil

Synchronizace – problém

- Race condition: soupeření v čase
  - ```
    Proces P {
        Load RegistrA, X
        Load RegistrB, Y
        Add RegistrA, RegistrB
        Store RegistrA, X   # X+=Y
    }
    ```
- Dvě instance procesu P, používají stejná X a Y
- Nedefinovatelné výsledky
  - Je-li na začátku X=Y=1, pak na konci může být X=2 nebo X=3
    ```

Synchronizace – řešení

- Kritická sekce
  - Semafory: celočíselné proměnné (čitače)
  - Monitory: vyšší konstrukty programovacího jazyka
    Je možné semafor implementovat pomocí monitoru a naopak
- Smrtelné objetí (deadlock)
- Odstranění sdílených zdrojů: zasílání zpráv
  - Synchronizace na úrovni zasílání a přijímání zpráv
  - Buffery

Procesy – plánování

- Sdílení (timesharing)
  - časové kvantum
  - přerušení
- Prioritní
  - Statistické
  - Real-time
- Plánovač (scheduler)

Správa paměti

- Dvě základní operace:
  - alokuj/přiděl paměť (velikost, vrací počáteční adresu)
  - dealokuj/uvolni paměť (velikost a počáteční adresa)
  - Většinou závislé (lze uvolnit jen přesně totéž, co jsme alokovali dříve)
  - Doplňková operace: změň rozsah alokované paměti (reallocate)
- Organizace paměti
- Čištění paměti (garbage collection)

Správa paměti OS

- Virtualizace paměti – nutno uvolnit fyzickou paměť
- Swapping
  - Celých procesů
  - „Děr“ v paměti
- Stránkování
- Segmentace

OS: paměť

- Většina paměti nevyužita
  - Zpracování cyklu (zbytek programu)
  - Zpracování konkrétních dat (ostatní neaktivní)
  - Čekání na I/O
- *Virtualizace* paměti
  - Data a programy na disku
  - Do paměti *na žádost*
  - Umožňuje
    - Každý program má „celou“ paměť
    - Program může adresovat více jak rozsah fyzické paměti
- Ochrana paměti

OS: Systém souborů

- Základní funkce:
  - Vytvoření souboru
  - Čtení a psaní z/do souboru
  - Odstranění (smazání) souboru
  - Spuštění souboru (soubor=program)
- Podpora na úrovni operačního systému

Struktura systému souborů

- Hierarchické systémy:
  - Kořen (root)
  - Adresáře jako speciální typ (meta)souboru: drží informace o souborech, nikoliv jejich vlastní data
- Databázové systémy:
  - Soubory (jejich části resp. jejich metadata) jako položka v databázi
  - Bohatší množina operací
  - Složitější implementace

  Apache Hadoop má prvky databázového systému souborů
  - Hadoop Distributed File System
  - Soubory jsou rozděleny na části, které jsou distribuovány na prvky clusteru
  - Primární přístup k souborům přes nativní rozhraní HDFS

Struktura souborů

- Posloupnost bytů – vnitřní struktura pro OS neznáma
- Posloupnost záznamů (records)
- Strom – každý uzel má vlastní klíč

- Výše uvedeny příklady struktury, ne všechny varianty

Typ a přístup

- Typy souborů (v UNIXovém OS)
  - Řádné: běžné soubory
  - Adresáře: udržení hierarchické struktury
  - Speciální: přístup ke konkrétnímu zařízení (`/dev/mouse`, `/dev/audio`, `/dev/lp`); speciální `/proc` systém
  - Blokové: náhodný přístup na základní úrovni (`/dev/hd`, `/dev/kmem`)
- Přístupové metody; příklady:
  - Sekvenční
  - Náhodný (random)
  - Indexsekvenční (není v běžném UNIXu)

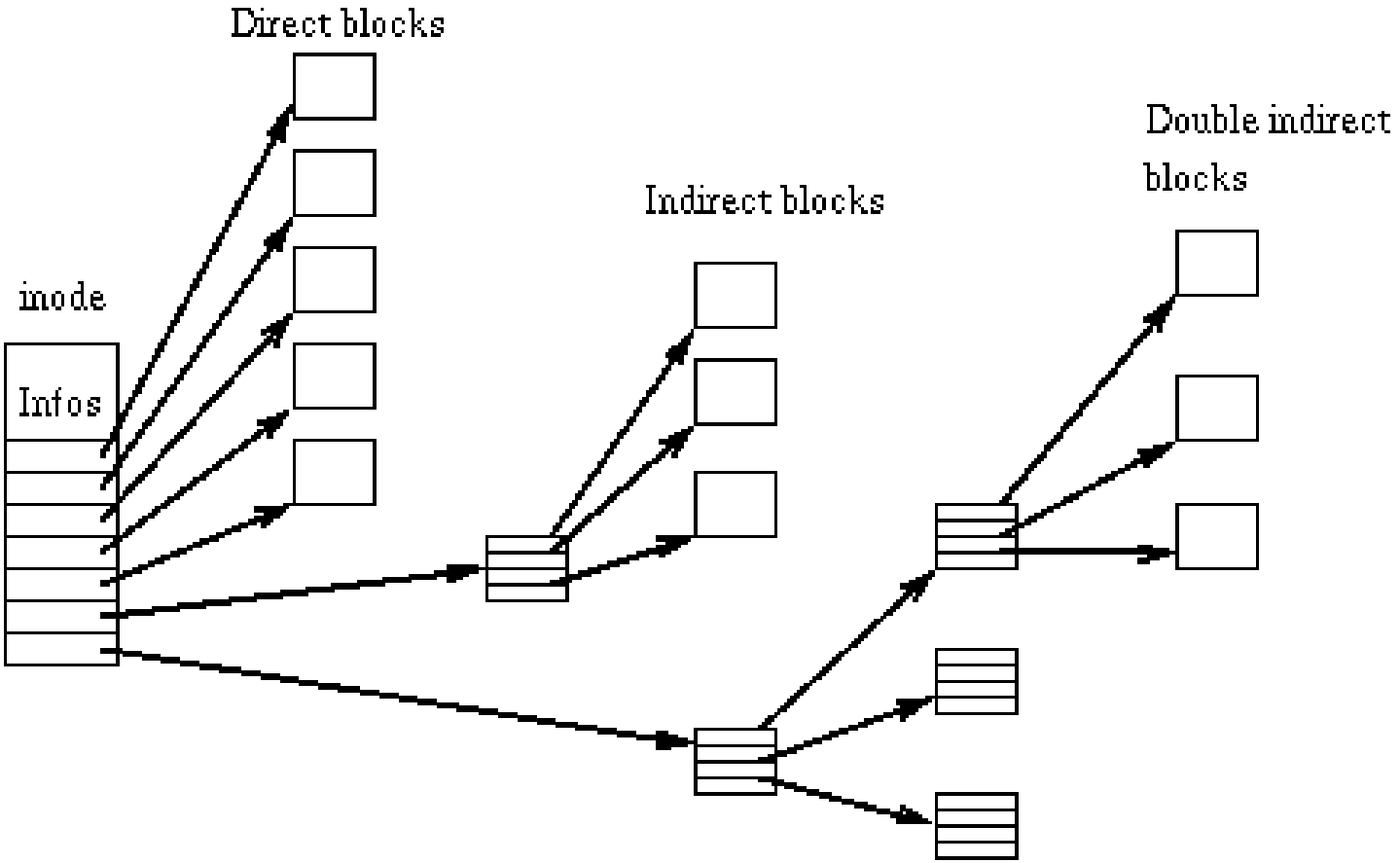
Struktura na disku

- Možné typy
  - Souvislé
    - souvislé posloupnost bloků (složitá alokace, plýtvání místem)
  - Provázaný seznam:
    - každý blok odkazuje na další (může růst, vyšší režie – pro ukazatel, složitý náhodný přístup)
  - Indexové:
    - Např. FAT (File Allocation Table) v MS DOSu
    - Tabulka pro všechny bloku na disku
    - Provázány odkazem na další blok daného souboru
  - `inodes`

Struktura – inodes

- Podobné indexové organizaci
- Pevná délka tabulky pro každý soubor
  - Kratší soubory adresovány přímo
  - Pro delší soubory alokována další tabulka
  - Tabulky provázány hierarchicky (1., 2. a 3. úroveň)
- Flexibilní, malá režie

inodes



Ext2-inodes

Systémy souborů se žurnálováním

- Problém interní konzistence informací uvnitř systému souborů
  - co se stane při výpadku proudu či nečekaném zhroucení operačního systému
- Riziko nekonzistentních dat při postupném zápisu
  - část dat nebo metadat není ještě zapsána
- Klasické řešení: fsck
  - procházení všech datových struktur v systému souborů
  - nalezení a oprava nekonzistencí (zpravidla několik průchodů)
  - velmi pomalé pro velké systémy souborů
- Alternativa: zapsat zvlášť prováděné změny a teprve poté je skutečně realizovat
  - úspěšný zápis všech dat a metadat vede ke smazání údajů

  journaled file system
- V případě výpadku se použijí tato data na zajištění interní konzistence systému souborů

Volné bloky

- V tabulce
- Bitový vektor
- Provázaný seznam
- Většinou zpracovávány podle FCFS (First Come First Served)

Vyrovnávací paměť

- Obecně přístup pro skrytí *zpoždění* (latence)
- Nejčastěji používané bloky/soubory uloženy v paměti
- Pouze pro čtení (snazší) nebo i pro zápis
- Problém: konzistence při přístupech/zápisech z více míst
- Základní typy
  - Write-through: okamžitě po zápisu i na disk
  - Write-back: až po určité době (30 s)

OS: Přerušení

- Operační systémy obecně reagují na asynchronní události (events)
- *Přerušení*: mechanismus, jak přerušit vykonávanou práci na základě externí příčiny (nějaké události)

Význam přerušení

- Podpora I/O
- Problém v programovém vybavení
  - Neautorizovaný přístup
  - Nelegální instrukce nebo operandy
- Požadavek počítačem řízeného systému
- Zásah operátora
- Výpadek hardware

Příklady

- Přerušení od časovače (přeplánování procesů, multitasking, timeout, . . .)
- Přerušení od periferie (klávesnice, myš, síťová karta, . . .)
- Přerušení z procesoru (dělení nulou, chybná operace, . . .)

OS: Principy přerušení

- *Přeruší* běh aktuálního procesu
  - Nutno uložit stav
  - a zapamatovat místo návratu
- Více zdrojů a příčin přerušení
  - Nutno rozlišit typy (příčinu) přerušení
  - Nutno zapamatovat zdroj přerušení

Obsluha přerušení

- Obsluha přerušení realizována v kernelu
  - Zajištění serializace
  - Bezpečnost
- Vyvolá tzv. přepnutí kontextu
- Multitasking fakticky není možný bez podpory přerušení

Další vlastnosti

- Maskování přerušení
  - dočasné a trvalé
  - možná ztráta přerušení/události
- Priorita přerušení/obsluhy
  - Základní tři úrovně:
    - Nemaskovaná přerušení: vyšší priorita
    - Aktuálně zpracovávané přerušení
    - Maskovaná přerušení: nižší priorita

Polling

- Polling = opakované dotazování (na stav/událost)
- Možná alternativa pro některá přerušení
  - Zaměstnává procesor
  - Může zůstat v uživatelském prostoru
- Příklad: neustálé dotazování se na zapsanou známku

OS: problém časování

- Periferie výrazně pomalejší než procesor
- Příklad
  - 1 GHz Pentium IV: $\mathbf{1.10^9}$ operací za sekundu
  - Běžný disk: 10 ms pro přečtení 1 byte
  - Poměr $\mathbf{1 : 10\,000\,000}$
  - Stejné zpomalení člověka: 1 úhoz na klávesnici cca 20 dní.
- Možné řešení: prokládání I/O a výpočtu
  - `Spusť diskovou operaci`
    `Prováděj instrukce nad jinými daty (alespoň 1 M instrukcí)`
    `Počkej na dokončení`
  - Příliš těžkopádné a složité

OS časování: jiné řešení

```
Proces 1 {
  Spusť diskovou operaci
  Počkej na dokončení
  Zpracuj získaná data
}
Proces 2 {
  Nějaká jiná aplikace
}
```

- Přehlednější
- OS musí „přepínat“ mezi procesy (*priorita*)

Programové vybavení – pohled dle použití

- Operační systém
  - UNIX, Linux, OS/370, MS Windows, ...
- Programovací jazyky
  - C, Pascal, Ada, Occam, ML, Prolog, perl, python, Java, ...
- Podpůrné nástroje
  - debuggery, profilery, ...
- Aplikační programy

Programovací jazyky

- Rozlišujeme
  - Styl
  - Míru abstrakce
  - „Dialekt“

Programovací jazyky – styl

- Imperativní/Procedurální: C, Fortran, Pascal, Perl, Python
- Objektově orientované: Java, C++, C#
- Deklarativní/Funkcionální: ML, Lisp, MIRANDA, Erlang
- Deklarativní/Logické: Prolog, GHC
- S jediným přiřazením: SISAL
- Produkční systémy: OPS5
- Sémantické sítě: NETL
- Neuronové sítě: SAIC ANSpec

Procedurální vs. deklarativní styl

```
fac := 1;
if n > 0 then
  for i:=1 to n do
    fac := i*fac;
```

```
|   fac(0)   := 1;
|   fac(n>0) := n*fac(n-1);
|
|
|-----------------------------
|
|   fac(0,1).
|   fac(N,F1*N) :- fac(N-1,F1).
|
```

Programovací jazyky – míra abstrakce

- Strojový jazyk: přímo kódy jednotlivých instrukcí
- Assembler: jména instrukcí, operandy, pojmenované cílové adresy skoků
- Vyšší jazyky: obecné konstrukty, tvoří „kontinuum“
  - Agregované datové typy
  - Cykly namísto skoků
  - Procedury a funkce
  - Procesy a vlákna

Programovací jazyky – implementace

- Překladače
  - Zdrojový kód–mezijazyk–strojový jazyk
  - Překlad a sestavení

Programovací jazyky – implementace

- Překladače
  - Zdrojový kód–mezijazyk–strojový jazyk
  - Překlad a sestavení
- Interprety
  - Abstraktní počítač
  - Vhodné pro složité operace (např. práce s texty, s maticemi a algebraickými objekty)

Programovací jazyky – implementace

- Překladače
  - Zdrojový kód–mezijazyk–strojový jazyk
  - Překlad a sestavení
- Interprety
  - Abstraktní počítač
  - Vhodné pro složité operace (např. práce s texty, s maticemi a algebraickými objekty)
- Just-in-time překladače (nejen Java)
  - Známy již od osmdesátých let (řešil se tak nedostatek paměti)