

Operační systémy

3

V této kapitole se budeme zabývat operačními systémy, což jsou softwarové balíky, které koordinují interní činnosti počítačů a řídí také jejich komunikaci s okolím. Právě díky operačnímu systému se z počítačového hardwaru stává užitečný nástroj. Pokusíme se porozumět tomu, jaké mají operační systémy úkoly a jak je plní. Díky těmto znalostem se můžeme stát poučenými uživateli počítačů.

3.1: Historie operačních systémů

3.2: Architektura operačních systémů

Analýza softwaru
Komponenty operačního systému
Spouštění

3.3: Koordinace činností počítače

Proces
Správa procesů

*3.4: Soutěžení podprocesů o prostředky

Semaforey
Uvážnutí

3.5: Zabezpečení

Útoky zvnějšku
Útoky zevnitř

**Hvězdičky označují doporučené volitelné části.*

Operační systém je software, který řídí základní fungování počítače. Umožňuje uživatelům ukládat a načítat soubory, poskytuje rozhraní, aby mohl uživatel spouštět programy, a nabízí prostředí, které je potřebné k činnosti požadovaných programů.

Pravděpodobně nejznámějším příkladem operačního systému je systém Windows, který v mnoha verzích dodává společnost Microsoft a v oblasti počítačů PC má dominantní postavení. Další tradiční operační systém se nazývá UNIX, který představuje oblíbenou volbu pro větší počítačové systémy i počítače třídy PC. UNIX leží i v jádru dvou dalších rozšířených operačních systémů: Mac OS, což je operační systém, kterým společnost Apple vybavuje svou řadu počítačů Macintosh, a Solaris, který vyvíjela firma Sun Microsystems (nyní ji vlastní společnost Oracle). Jiný operační systém, který nalezneme ve velkých i malých počítačích, se nazývá Linux. Původně jej jako nekomerční svobodný software vytvořili počítačoví nadšenci a nyní jej dodává i mnoho firem včetně IBM.

Z hlediska běžných uživatelů počítačů jsou rozdíly mezi operačními systémy z větší části kosmetické. Pro počítačové odborníky však mohou různé operační systémy vyžadovat zásadní změnu nástrojů, se kterými pracují, nebo principů šíření a kontroly výsledků jejich práce. Všem hlavním operačním systémům je ale společné, že řeší stejné typy problémů, s nimiž se počítačoví experti potýkají již téměř půl století.

3.1: Historie operačních systémů

Dnešní operační systémy jsou velké a složité softwarové balíky, které vyrostly ze skromných počátků. Počítače ve 40. a 50. letech nebyly příliš pružné ani efektivní. Výpočetní stroje zabíraly celé místnosti. Spouštění programů vyžadovalo náročnou přípravu zařízení, kdy bylo nutné připojit magnetické pásky, umístit do čteček děrné štítky, nastavit přepínače atd. Spuštění každého programu, kterým se říkalo **úloha** (job), představovalo izolovanou činnost. Počítač byl připraven na spuštění programu, program byl proveden a poté bylo nutné vyjmout všechny pásky, děrné štítky atd., aby mohla začít příprava počítače na další program. Když muselo jeden počítač sdílet více uživatelů, vytvářely se časové rozvrhy, aby si mohli uživatelé počítač rezervovat na určitý časový úsek. V intervalu přiděleném konkrétnímu uživateli byl počítač kompletně pod jeho kontrolou. Relace obvykle začínala nastavením programu, po kterém následovala krátká spouštění programu. Uživatelé často na závěr spěchali, aby stihli ještě jednu operaci („Bude to trvat jen minutu“), zatímco další uživatel ne-trpělivě začínal chystat svou úlohu.

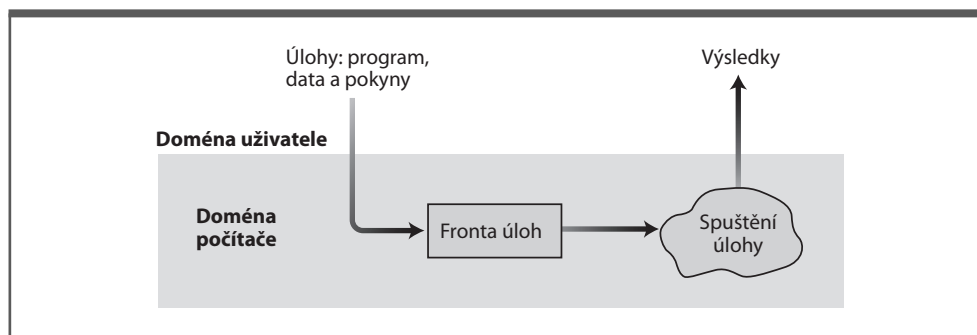
V takovém prostředí vznikly operační systémy jako nástroje, které měly zjednodušit nastavení programů a zefektivnit střídání úloh. Při jejich vývoji došlo poměrně záhy k oddělení uživatelů od zařízení, aby se lidé nemuseli fyzicky střídat v počítačovém sálu. Počítač obsluhoval specializovaný operátor. Pokud chtěl někdo spustit svůj program, musel jej předat operátorovi spolu se všemi potřebnými daty a speciálními pokyny ohledně požadavků programu. Později si pak mohl vyzvednout výsledky. Operátor pak příslušné zdroje načtl do hromadného úložiště počítače, kde je mohl program označovaný jako operační systém načítat a spouštět jeden po druhém. Jednalo se o začátek **dávkového zpracování**, kdy se spouštěné úlohy shromáždily do jediné dávky a poté je počítač provedl bez další interakce s uživatelem.

V systémech dávkového zpracování čekají úlohy v hromadném úložišti na spuštění v tzv. **frontě úloh** (viz obrázek 3.1). **Fronta** (queue) označuje způsob uložení dat, při kterém jsou objekty (v tomto případě úlohy) zpracovávány tak, že dříve přijdou na řadu ty, které byly do fronty dříve zařazeny. (Pro frontu se používá také označení **FIFO** z anglického „first-in, first-out“ – první dovnitř, první ven). Objekty jsou tedy z fronty odstraňovány ve stejném pořadí, v jakém do ní vstoupily. Většina front úloh ve skutečnosti režim fronty nedodrží přesně, protože operační systémy zpravidla zohledňují prioritu úloh. Úlohu čekající ve frontě úloh proto může přeskočit úloha s vyšší prioritou.

V raných systémech dávkového zpracování doprovázela každou úlohu sada instrukcí, které popisovaly postup přípravy počítače ke konkrétní úloze. Tyto instrukce byly zakódovány systémem, který se označoval jako jazyk JCL (job control language), a uloženy do fronty úloh spolu s vlastní úlohou. Když byla úloha připravena ke spuštění, operační systém vytiskl tyto instrukce na tiskárnu, aby je mohl operátor počítače přečíst a postupovat podle nich. Tato komunikace mezi operačním systémem a operátorem počítače přetrvala dodnes, jak dokládají zprávy operačních systémů počítačů PC s chybami jako „disková jednotka není dostupná“ a „tiskárna neodpovídá“.

Hlavní nevýhoda operátora počítače, který slouží jako prostředník mezi počítačem a jeho uživateli, spočívá v tom, že jakmile uživatel předá úlohy operátorovi, nemohou s nimi nijak interagovat. Tento postup je přijatelný u některých aplikací, jako je zpracování mezd, kdy jsou veškeré údaje a postupy zpracování určeny předem. Nehodí se však, když musí uživatel se svým spuštěným programem komunikovat. Jako příklady lze uvést rezervační systémy, kde je potřeba zadávat aktuální rezervace a storna, systémy zpracování textu, kde uživatelé vznikající dokumenty interaktivně doplňují a opravují, nebo počítačové hry, v nichž interakce s počítačem představuje klíčový aspekt programu.

Kvůli těmto nárokům vznikly nové operační systémy, které umožnily, aby aktivní program vedl dialog s uživatelem pomocí vzdálených terminálů. Tato funkce se nazývá **interaktivní zpracování** (viz obrázek 3.2). (Terminál tvořil prakticky pouze elektronický psací stroj, kde mohl uživatel zadávat svůj vstup a číst odpovědi počítače vytištěné na papír. Od těchto primitivních terminálů postoupil vývoj až k dnešním vyspělým zařízením označovaným jako pracovní stanice a dokonce ke kompletním počítačům PC, které mohou v případě potřeby fungovat samostatně.)

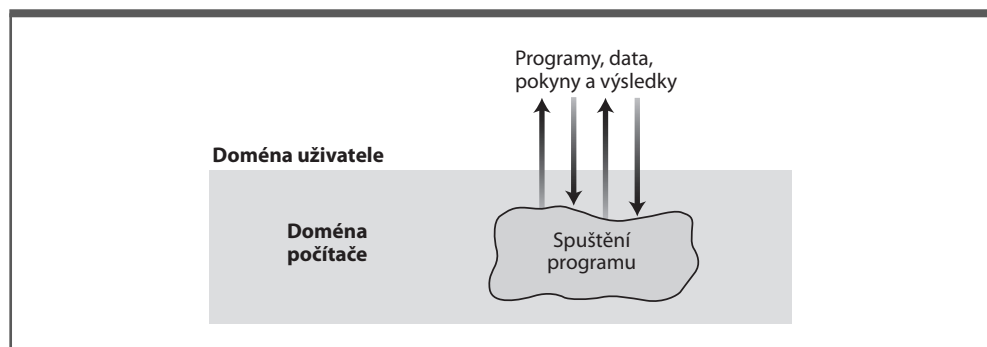


Obrázek 3.1: Dávkové zpracování

Úspěšné interaktivní zpracování vyžaduje dostatečnou rychlost počítačových operací, aby dokázaly reagovat na potřeby uživatele a uživatel se nemusel přizpůsobovat časovému rozvrhu počítače. (Úlohu zpracování mezd lze naplánovat podle toho, kolik času na ni počítač potřebuje, ale textový procesor by se dal sotva používat, kdyby počítač okamžitě nereagoval na stisknuté klávesy.) Počítač je v jistém smyslu nucen provádět úkoly ve vymezené lhůtě. Tento proces získal svůj název **zpracování v reálném čase** (real-time processing), protože operace probíhají v reálném čase. Řekneme-li tedy, že počítač realizuje určitý úkol v reálném čase, znamená to, že počítač tento úkol plní v souladu se lhůtami svého externího fyzického prostředí.

Pokud by interaktivní systémy musely v danou chvíli reagovat pouze na vstupy jednoho uživatele, nebylo by zpracování v reálném čase nijak složité. Počítače v 60. a 70. letech však byly velmi drahé, takže musel každý stroj sloužit více uživatelům. Proto bylo běžné, že několik uživatelů pracujících se vzdálenými terminály požadovalo od počítače interaktivní služby současně. Přitom se objevovaly potíže se zpracováním v reálném čase. Jestliže operační systém dovoloval v daný okamžik spustit pouze jednu úlohu, mohl přijatelnou interaktivní službu poskytnout jen jednomu uživateli.

Při řešení tohoto problému vznikly operační systémy, které poskytovaly služby více uživatelům současně. Tato funkce se označuje jako **sdílení času** (time-sharing). Sdílení času lze implementovat například metodou zvanou **multiprogramming**, kdy se čas dělí na intervaly a spuštění každé úlohy je omezeno pouze na jeden z následných intervalů. Na konci každého intervalu je aktuální úloha dočasně odstavena a během dalšího intervalu může fungovat jiná úloha. Tímto rychlým přepínáním úloh vzniká iluze, že je spuštěno několik úloh současně. V závislosti na typu spuštěných úloh dokázaly první systémy sdílení času zajistit přijatelné zpracování v reálném čase až pro 30 uživatelů současně. V současnosti se metody založené na multiprogrammingu používají v jednouživatelských i víceuživatelských systémech, ačkoli v systémech prvního typu se výsledek obvykle označuje jako **multitasking**. Sdílení času tedy znamená, že více uživatelů sdílí přístup ke stejnému počítači, zatímco pojem multitasking označuje současné spuštění více úloh jedním uživatelem.



Obrázek 3.2: Interaktivní zpracování

V souvislosti s vývojem víceuživatelských operačních systémů se sdílením času se počítače obvykle konfigurovaly tak, že jeden velký centrální stroj byl připojen k mnoha pracovním stanicím. Z těchto pracovních stanic mohli uživatelé s počítačem komunikovat přímo zvnějšku počítačového sálu a nemuseli předávat své žádosti

ti operátorovi. Běžně používané programy byly uloženy v zařízeních hromadného úložiště počítače a operační systémy byly upraveny tak, aby tyto programy dokázaly spouštět na základě požadavků z pracovních stanic. Vzhledem k tomu se začala vytrácet potřeba samostatné role operátora počítače jako prostředníka mezi uživateli a počítačem.

V současnosti již operátoři počítačů prakticky vymizeli. Platí to hlavně v oblasti osobních počítačů, kde veškerou odpovědnost za činnost počítače přebírají uživatelé. I značně velké počítačové instalace nyní fungují v zásadě bez obsluhy. Roli operátora počítače vystřídala role administrátora systému, který počítačový systém spravuje – získává nový hardware a software a dohlíží na jeho instalaci, vynucuje místní zásady (např. vytváří nové účty a stanovuje kvóty jednotlivých uživatelů v hromadném úložišti) a koordinuje řešení problémů, které se při činnosti systému vyskytují – neovlivňuje už jednotlivé operace počítače.

Když to shrneme, operační systémy se z jednoduchých programů, které načítaly a postupně spouštěly jednotlivé programy, vyvinuly do složitých celků, které koordinují sdílení času, spravují programy a datové soubory v počítačových zařízeních hromadného úložiště a přímo reagují na požadavky uživatelů počítače.

Evoluce operačních systémů však nadále pokračuje. Vývoj víceprocesorových počítačů vedl ke vzniku operačních systémů, které nabízejí možnosti sdílení času a multitaskingu tak, že různé úlohy přiřazují různým procesorům a zároveň zajišťují sdílení času každého jednotlivého procesoru. Tyto operační systémy se musí potýkat s problémy typu **vyrovnávání zátěže** (load balancing – tj. s dynamickým přidělováním úloh různým procesům tak, aby byly všechny procesory efektivně využity) a **škálování** (scaling – rozdělení úloh na více dílčích úloh, které vyhovují dostupné sadě procesorů).

Rozvoj počítačových sítí, které dokáží na velké vzdálenosti propojit mnoho počítačů, také umožnil vznik softwarových systémů ke koordinaci aktivity v síti. Oblast sítí (kterou budeme studovat v kapitole 4) tedy z mnoha ohledů navazuje na téma operačních systémů. Cílem je zajistit správu prostředků u mnoha uživatelů a počítačů, nikoli pouze v jediném izolovaném počítači.

Jiný směr vývoje operačních systémů je orientován na zařízení, která jsou určena pro konkrétní nasazení – např. zdravotnické přístroje, elektronika v automobilech, domácí spotřebiče, mobilní telefony nebo jiné počítače do ruky. Počítačové systémy používané v těchto zařízeních se nazývají **integrované systémy** (embedded system). Od integrovaných operačních systémů se často očekává, že budou šetřit energii ba-

Co to je smartphone?

Spolu se zvyšováním svého výpočetního výkonu mohou mobilní telefony poskytovat služby, které přesahují pouhé zpracování hlasových hovorů. Typický **smartphone** nyní dokáže přenášet textové zprávy, procházet web, poskytovat navigační služby, zobrazovat multimediální obsah – stručně řečeno, dokáže zajistit většinu služeb klasického počítače. Smartphony proto vyžadují kompletní operační systémy, nejen kvůli správě omezených prostředků svého hardwaru, ale také kvůli zajištění funkcí, které vyžaduje stále rostoucí sada jejich aplikačního softwaru. Mezi operačními systémy pro smartphony probíhá nelítostný souboj o dominanci na trhu, o jehož výsledku pravděpodobně rozhodne, který z těchto systémů nabídne nejatraktivnější funkce za nejlepší cenu. V oblasti operačních systémů pro smartphony soupeří například iPhone OS společnosti Apple, BlackBerry OS společnosti Research In Motion, Windows Phone společnosti Microsoft, Symbian OS společnosti Nokia a Android společnosti Google.

terií, plnit náročné požadavky na zpracování v reálném čase nebo trvale fungovat s minimálním nebo žádným lidským dohledem. K úspěšným příkladům z této oblasti patří systém VxWORKS, který vyvinula firma Wind River Systems pro nasazení v robotech na průzkum Marsu s názvy Spirit a Opportunity, systém Windows CE (označovaný také jako Pocket PC) od společnosti Microsoft a systém Palm OS, který vytváří firma PalmSource, Inc., zejména pro nasazení v příručních zařízeních.

Otázky a cvičení

1. Uveďte příklady front. U každého příkladu zmiňte situace, které porušují standardní pravidla fronty.
2. Které z následujících činností vyžadují zpracování v reálném čase?
 - a. Tisk poštovních štítků
 - b. Hraní počítačové hry
 - c. Zobrazení vytáčených čísel na displeji smartphonu
 - d. Spuštění programu, který předpovídá ekonomickou situaci v příštím roce
 - e. Přehrávání záznamu ve formátu MP3
3. Jaký je rozdíl mezi integrovanými systémy a počítači PC?
4. Jaký je rozdíl mezi sdílením času a multitaskingem?

3.2: Architektura operačních systémů

Chceme-li porozumět struktuře typického operačního systému, musíme nejdříve popsat nejrůznější software, kterým jsou počítačové systémy obvykle vybaveny. Poté se zaměříme na samotný operační systém.

Analýza softwaru

Software, který se nachází v běžném počítačovém systému, můžeme roztřídit do několika kategorií. Taková klasifikační schémata se nevyhnou tomu, že se podobné programy ocitnou v jiných třídách – podobně jako časová pásma vedou k tomu, že při přechodu mezi blízkými sídly je nutné posunout čas o celou hodinu, ačkoli se místní čas východu a západu slunce téměř neliší. V případě třídění softwaru se navíc musíme potýkat s rozporů v terminologii, které jsou dány dynamickou povahou předmětu a neexistencí centrální autority. Uživatelé operačních systémů Microsoft Windows si například zvykli na skupiny programů s názvem „Příslušenství“ (Accessories) a „Nástroje pro správu“ (Administrative Tools), které zahrnují software z kategorie aplikací i nástrojů. Následující systém třídění tedy považujeme spíše za způsob, jak získat představu o rozsáhlé a dynamické oblasti, než za nějakou obecně přijímanou normu.

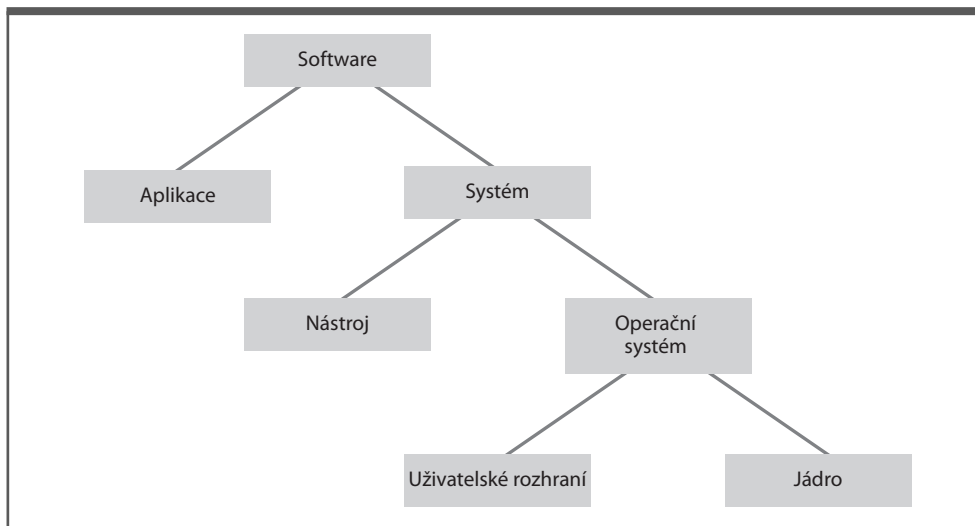
Začneme rozdělením počítačového softwaru do dvou širokých kategorií: na **aplikační software** a **systémový software** (viz obrázek 3.3). Aplikační software zahrnuje programy, které plní úkoly související s využitím počítače. Počítač, který slouží

ke správě skladových zásob ve výrobním podniku, bude obsahovat jiný aplikační software než počítač, se kterým pracuje elektrotechnik. Jako příklady aplikačního softwaru můžeme uvést tabulkové procesory, databázové systémy, systémy počítačové sazby, účetní systémy, vývojářský software a hry.

Na rozdíl od aplikačního softwaru je systémový software zaměřen na úkoly, které jsou společné všem počítačovým systémům. Lze říci, že systémový software poskytuje infrastrukturu nezbytnou pro aplikační software podobně jako veřejná infrastruktura (úřady, cesty, rozvodné sítě, finanční instituce atd.) poskytuje základy životního stylu moderní společnosti.

Třída systémového softwaru zahrnuje dvě kategorie: jednu z nich tvoří samotný operační systém a druhá obsahuje softwarové jednotky, které se souhrnně označují jako **nástroje** (utility software). Většinu nainstalovaných nástrojů představují programy, jejichž funkce jsou sice potřebné pro fungování operačního systému, ale nejsou jeho součástí. Třída softwarových nástrojů v jistém smyslu zahrnuje programy, které rozšiřují (nebo případně přizpůsobují) možnosti operačního systému. Samotné operační systémy například často neimplementují funkci formátování magnetického disku nebo kopírování souborů na disk CD, ale tyto vlastnosti jsou dostupné díky nástrojům. K dalším nástrojům patří software pro komprimaci a dekomprimaci dat, software na přehrávání multimediálních prezentací a software, který obsluhuje síťovou komunikaci.

Implementace určitých činností pomocí softwarových nástrojů umožňuje lépe přizpůsobit systémový software požadavkům konkrétní instalace, než kdyby byly příslušné funkce součástí operačního systému. Mnoho firem a jednotlivců ve skutečnosti upravuje nebo doplňuje softwarové nástroje, které byly původně k dispozici spolu s jejich operačním systémem.



Obrázek 3.3: Třídění softwaru

Rozdíl mezi aplikačním softwarem a nástroji často bohužel není příliš zřetelný. Z našeho pohledu spočívá zásadní rozdíl v tom, zda je balíček součástí „softwarové infrastruktury“ počítače. Pokud se tedy nová aplikace prosadí jako základní nástroj, může přejít do kategorie softwarového nástroje. V rané fázi výzkumného projektu byl

Linux

Počítačová nadšenci, kteří chtějí experimentovat s interními součástmi operačního systému, si mohou nainstalovat systém Linux. Tento operační systém začal vyvíjet Linus Torvalds v době, kdy studoval na univerzitě v Helsinkách. Jedná se o svobodný software, který je spolu se svým zdrojovým kódem (viz kapitola 6) a dokumentací k dispozici zcela zdarma. Vzhledem ke svému otevřenému zdrojovému kódu si tento systém získal přízeň počítačových fandů, studentů operačních systémů a programátorů obecně. Kromě toho je Linux uznáván jako jeden z nejstabilnějších operačních systémů, které jsou v současnosti dostupné. Z tohoto důvodu nyní různé firmy připravují a propagují komerční verze Linuxu ve snadno použitelné podobě. Tyto produkty nyní na trhu úspěšně konkurují zavedeným komerčním operačním systémům. Další informace o systému Linux naleznete na webu <http://www.linux.org>.

software pro komunikaci po Internetu považován za aplikační software. V současnosti jsou tyto programy standardní součástí vybavy většiny počítačů a lze je proto zařadit mezi softwarové nástroje.

Přechod mezi softwarovými nástroji a operačním systémem rovněž není jasný. V USA a Evropě například probíhaly soudní procesy se společností Microsoft obviněnou z monopolního chování. Přitom se řešily otázky toho typu, zda jsou prohlížeče a mediální přehrávače komponentami operačních systémů společnosti Microsoft, nebo se jedná o nástroje, které tato společnost zahrnula proto, aby zlikvidovala konkurenci.

Komponenty operačního systému

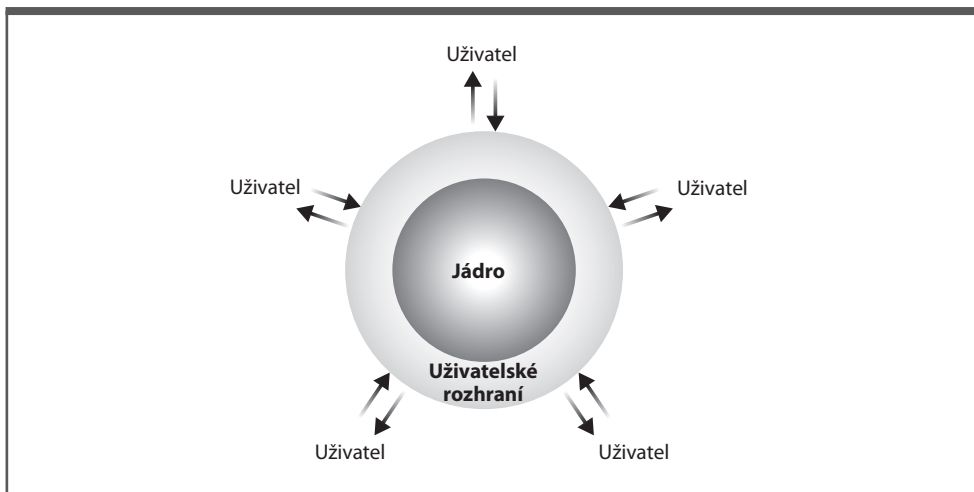
Zaměříme se nyní na součásti ze sféry operačního systému. Aby mohl operační systém provádět činnosti požadované uživateli, musí s nimi komunikovat. Část operačního systému, která obsluhuje tuto komunikaci, se často označuje jako **uživatelské rozhraní** (user interface). Starší uživatelská rozhraní zvaná **příkazový interpret** (shell) komunikovala s uživateli prostřednictvím textových zpráv, které uživatel zadával na klávesnici a počítač vypisoval na obrazovce. Modernější operační systémy k tomu používají **grafické uživatelské rozhraní** (GUI – z angl. „graphical user interface“). Toto rozhraní reprezentuje manipulované objekty, jako jsou soubory a programy, v podobě ikon. Tyto systémy uživatelům umožňují zadávat příkazy pomocí některého z běžných vstupních zařízení. Ke klepání na ikony a jejich přetahování například slouží počítačová myš s jedním nebo více tlačítky. Při kreslení nebo v případě práce s některým zařízením do ruky lze místo myši použít speciální ukazovací zařízení či pera. Před nedávnem se objevily dotykové displeje s jemným rozlišením, které uživatelům dovolují manipulovat s ikonami přímo pomocí prstů. Současná grafická uživatelská rozhraní jsou sice založena na dvourozměrné projekci, ale zároveň již probíhá výzkum trojrozměrných rozhraní, v nichž budou moci uživatelé komunikovat s počítačem pomocí 3D projekčních systémů, dotykových zařízení a prostorové reprodukce zvuku.

Uživatelské rozhraní operačního systému sice hraje významnou roli při zajištění funkčnosti počítače, ale celá architektura uživatelského rozhraní slouží pouze jako prostředník mezi počítačovým uživatelem a jádrem operačního systému (viz obrázek 3.4). Tento rozdíl mezi uživatelským rozhraním a interními součástmi operačního systému je zřejmý z toho, že v některých operačních systémech si uživatelé mohou vybrat z více různých rozhraní takové, které jim při obsluze systému nejlépe

vyhovuje. Uživatelé operačního systému UNIX si například mohou zvolit příkazový interpret Bourne shell, C shell a Korn, shell stejně jako grafické uživatelské rozhraní s názvem X11. V případě prvních verzí operačního systému Microsoft Windows se jednalo o aplikační program grafickým uživatelským rozhraním, který bylo možné spustit z příkazového řádku operačního systému MS-DOS. Prostředí systému DOS (jako program cmd.exe) je dodnes k dispozici ve skupině nástrojů nejnovějších systémů Windows, ačkoli běžní uživatelé je téměř nikdy nepotřebují. Systém OS X společnosti Apple si obdobně zachovává nástroj Terminal, který odkazuje na unixový původ tohoto systému.

Důležitou součástí dnešních grafických uživatelských prostředí je **správce oken** (window manager), který vyhrazuje na obrazovce bloky označované jako okna a sleduje, která aplikace je přidružena ke kterému oknu. Když aplikace potřebuje něco vykreslit na obrazovce, oznámí to správci oken a tento správce umístí požadovanou grafiku do okna patřícího dané aplikaci. Obdobně platí, že po klepnutí na tlačítko myši zjistí správce oken umístění myši a oznámí akci myši příslušné aplikaci. Správci oken odpovídají za vzhled neboli „styl“ grafického uživatelského rozhraní. Většina správců přitom nabízí mnoho možností konfigurace. Uživatelé systému Linux si mohou dokonce vybrat z několika různých správců oken. Oblíbené alternativy představuje například KDE a Gnome.

Protějšek uživatelského rozhraní operačního systému tvoří jeho vnitřní část zvaná **jádro** (kernel). Jádro operačního systému obsahuje softwarové komponenty, které plní nezákladnější funkce potřebné k fungování počítače. Jednou z těchto jednotek je **správce souborů** (file manager), který má za úkol koordinovat činnost hromadného úložiště počítače. Přesněji řečeno, správce souborů uchovává záznamy o všech souborech uložených v hromadném úložišti, včetně umístění každého souboru, seznamu uživatelů, kteří mají přístup k různým souborům, a oblastí hromadného úložiště, které jsou dostupné pro ukládání nových souborů nebo zvětšování stávajících. Tyto záznamy se nacházejí na jednotlivých úložných médiích, která obsahují příslušné soubory. Při každém připojení konkrétního média tedy může správce souborů načíst odpovídající záznamy a zjistit, které soubory jsou na daném médiu uloženy.



Obrázek 3.4: Uživatelské rozhraní slouží jako prostředník mezi uživateli a operačním systémem

Většina správců souborů umožňuje pro usnadnění práce seskupit soubory do kategorií označovaných pojmem **adresář** (directory) nebo **složka** (folder). Díky tomu mohou uživatelé své soubory logicky uspořádat a umístit příbuzné soubory do stejného adresáře. Navíc vzhledem k tomu, že adresáře mohou obsahovat jiné adresáře zvané podadresáře, lze vytvořit celou hierarchickou strukturu. Uživatel může například vytvořit adresář *MojeZáznamy*, který zahrnuje podadresáře *FinančníZáznamy*, *ZdravotníZáznamy* a *DomácíZáznamy*. V každém z těchto podadresářů se mohou nacházet soubory, které patří do příslušné kategorie. (Uživatelé operačního systému Windows mohou požádat správce souborů, aby zobrazil aktuální sadu složek. Stačí, když spustí nástroj, který se v české verzi systému nazývá Průzkumník Windows a v anglické verzi Windows Explorer.)

Řetězec adresářů uvnitř jiných adresářů se nazývá **adresářová cesta** (directory path). Cesty se často vyjadřují jako seznam adresářů, které následují v rámci cesty. Jednotlivé adresáře se přitom oddělují lomítky. Například zápis *zvířata/pravěká/dinosauři* reprezentuje cestu, která začíná adresářem *zvířata*, prochází jeho podadresářem *pravěká* a končí v podadresáři tohoto podadresáře *dinosauři*. (Uživatelé systému Windows musí změnit lomítka v zápisu cesty na obrácená – například takto: *zvířata\pravěká\dinosauři*.)

Udělení přístupu jiných softwarových jednotek k souboru závisí na rozhodnutí správce souborů. Proces začíná žádostí, aby správce souboru poskytl přístup k souboru postupem, který se označuje jako otevření souboru. Jestliže správce souboru přístup schválí, sdělí žadateli příslušné informace, které jsou potřebné k nalezení souboru a manipulaci s ním.

Další komponentu jádra tvoří sada **ovladačů zařízení** (device driver). Jedná se o softwarové jednotky, které komunikují s řadiči (nebo někdy přímo s periferními zařízeními), aby bylo možné řídit činnost periferních zařízení připojených k počítači. Každý ovladač zařízení je speciálně přizpůsoben konkrétnímu typu zařízení (jako je tiskárna, disková jednotka nebo monitor) a překládá obecné požadavky na techničtější podrobnosti, které jsou potřebné pro zařízení přiřazené danému ovladači. Například ovladač tiskárny poskytuje softwarové nástroje pro čtení a dekodování stavového slova dané tiskárny a dokáže také obsluhovat celý průběh procesu handshaking. Jiné softwarové komponenty se proto při tisku souboru nemusí těmito technickými detaily zabývat. Místo toho se mohou jednoduše spolehnout na to, že softwarový ovladač zařízení soubor vytiskne, a ponechat na něm, aby se staral o detaily. Návrh jiných softwarových jednotek proto nemusí záviset na zvláštích jednotlivých zařízení. Díky tomu lze vytvořit univerzální operační systém, který lze pro konkrétní periferní zařízení přizpůsobit pouhou instalací příslušných ovladačů zařízení.

Další komponentou jádra operačního systému je **správce paměti** (memory manager), který odpovídá za koordinaci používání operační paměti počítače. V prostředí, kde počítač v každou chvíli vykonává pouze jeden úkol, nejsou takové povinnosti příliš náročné. V těchto případech je program určený pro aktuální úkol umístěn na předem definované místo v operační paměti, spuštěn a poté nahrazen programem, který realizuje další úkol. Ve víceuživatelském nebo víceúlohovém prostředí, kde se musí počítač zabývat mnoha požadavky současně, se nároky na správce paměti značně zvyšují. Za těchto okolností je nutné do operační paměti umístit mnoho programů a bloků dat současně. Správce paměti musí proto pro konkrétní potřeby vyhledat a přiřadit paměťový prostor a zajistit, že se programy při své činnosti omezí

jen na vyhrazené místo. Jak se navíc různé aktivity střídají, musí správce paměti také sledovat paměťové oblasti, které již nejsou využity.

Činnost správce paměti se navíc komplikuje v situacích, kdy programy v souhrnu požadují více místa v paměti, než kolik počítač fyzicky poskytuje. Správce paměti pak musí vytvořit iluzi dodatečného místa v paměti tím, že programy a data přesune mezi operační paměť a hromadným úložištěm (technikou, která se označuje jako **stránkování** – paging). Předpokládejme například, že je potřeba 8 GB paměti, ale počítač je vybaven pouze 4 GB. Pro vytvoření iluze většího paměťového prostoru vyhradí správce paměti 4 GB úložného místa na magnetickém disku. Do této oblasti zapisuje bloky dat, které by ukládal do operační paměti, kdyby měla fyzickou kapacitu 8 GB. Tato data se dělí na jednotky stejné velikosti s názvem **stránky** (page), které mají obvykle velikost několik KB. Správce paměti poté tyto stránky přemísťuje mezi operační paměť a hromadným úložištěm, aby se stránky, které jsou aktuálně potřebné, nacházely ve 4 GB operační paměti. Díky tomu dokáže počítač fungovat tak, jako kdyby skutečně obsahoval operační paměť s kapacitou 8 GB. Tento velký „fiktivní“ paměťový prostor, který je k dispozici pomocí stránkování, se nazývá **virtuální paměť**.

Dvěma dalšími komponentami jádra operačního systému – **plánovačem** (scheduler) a **dispečerem** (dispatcher) – se budeme zabývat v následující části kapitoly. Prozatím uvedeme, že v systému založeném na multiprogrammingu rozhoduje plánovač o spouštění jednotlivých aktivit a dispečer kontroluje přidělování času těmto aktivitám.

Spouštění

Viděli jsme, že operační systém poskytuje softwarovou infrastrukturu potřebnou pro jiné softwarové jednotky. Zatím jsme však neuvažovali o tom, jak se operační systém spouští. Spouštění systému zajišťuje postup zvaný zavádění (**boot strapping**, často zkracováno na **booting**), který počítač provádí po každém zapnutí. Tato procedura přenesla operační systém z hromadného úložiště (kde je trvale umístěn) do operační paměti (která je po zapnutí počítače prakticky prázdná). Chceme-li porozumět procesu zavádění a tomu, proč je nezbytný, musíme začít od procesoru počítače.

Procesor je zkonstruován tak, aby jeho programový čítač po každém zapnutí počítače obsahoval určitou předem definovanou adresu. V tomto umístění procesor očekává začátek programu, který má provést. Principiálně tedy stačí umístit na této

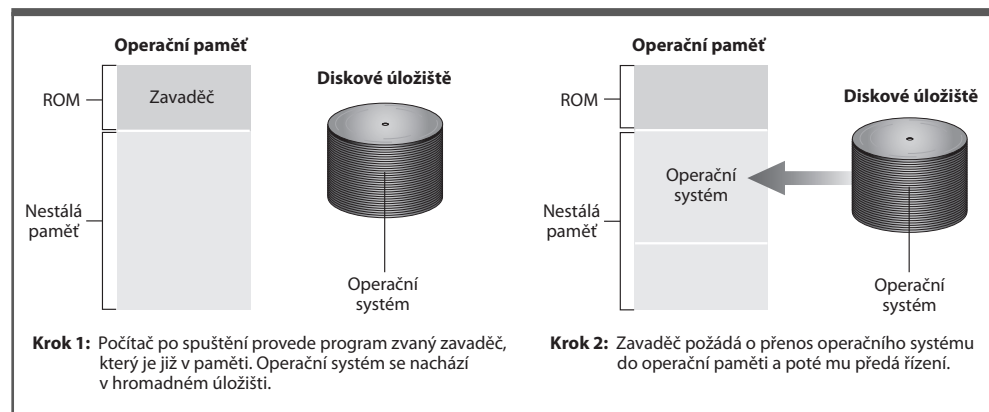
Firmware

Kromě zavaděče (boot loader) obsahuje paměť ROM počítače sadu softwarových rutin, které zajišťují základní vstupně-výstupní operace, jako je vstup informací z klávesnice, zobrazování zpráv na obrazovce počítače a čtení dat z hromadného úložiště. Díky uložení v trvalé paměti (jako je FlashROM) nejsou sice tyto programy napevno zadrátovány do křemíku počítače (hardwaru), ale zároveň je ani nelze změnit tak snadno jako jiné programy v hromadném úložišti – tj. jako software. Pro tento hraniční případ se začal používat termín **firmware**. Pomocí firmwarových rutin může zavaděč používat vstupně-výstupní operace ještě před tím, než začne fungovat operační systém jako celek. Tyto rutiny mohou například zajistit komunikaci s uživatelem počítače před započítím vlastního procesu spouštění a mohou informovat o chybách tohoto procesu. K široce používaným firmwarovým systémům patří BIOS (Basic Input/Output System), který se odedávna používá v počítačích třídy PC, novější rozhraní EFI (Extensible Firmware Interface), Open Firmware společnosti Sun (nyní produkt společnosti Oracle) a systém CFE (Common Firmware Environment), který je součástí mnoha integrovaných zařízení.

adrese operační systém. Z technických důvodů však operační paměť počítače obvykle nedokáže uchovávat data trvale. To znamená, že všechna data, která jsou v ní uložena, se po vypnutí počítače ztratí. Obsah operační paměti je proto nutné obnovit po každém zapnutí počítače.

Z toho vyplývá, že potřebujeme, aby byl při zapnutí počítače v jeho operační paměti přítomen program (nejlépe samotný operační systém). Operační paměť je však přítom při každém vypnutí počítače vymazána. Toto dilema lze vyřešit tak, že se vyhradí zvláštní část operační paměti počítače, kde procesor očekává svůj první program. Tato část paměti je vytvořena ze speciálních paměťových buněk, které dokáží uchovávat svůj obsah trvale. Taková paměť se označuje jako **paměť ROM (read-only memory)**, protože její obsah lze pouze číst, nikoli však měnit. Můžeme si představit, že paměť ROM ukládá bitové posloupnosti spálením miniaturních pojistek. Některé zůstanou vodivé (jedničky) a průchod proudu jinými je přerušen (nuly). Technologie použitá v praxi je však poněkud složitější. Přesněji řečeno, většina pamětí ROM v dnešních počítačích je založena na technologii pamětí flash (nejde tedy v pravém smyslu o paměť ROM, protože ji lze za speciálních okolností upravovat).

V paměti ROM univerzálního počítače je trvale umístěn program označovaný jako **zavaděč** (boot loader). Tento program je spuštěn bezprostředně po zapnutí počítače. Instrukce zavaděče zajistí, že procesor přenesení operační systém z předem určeného umístění do nestálé části operační paměti (viz obrázek 3.5). Moderní zavaděče dokáží zkopírovat operační systém do operační paměti z různých umístění. V integrovaných systémech (např. ve smartphonech) je například operační systém zkopírován ze speciální paměti flash (trvalé). V případě malých pracovních stanic ve firmách nebo univerzitních sítích je možné operační systém zavést ze vzdáleného počítače po síti. Jakmile je operační systém umístěn do paměti, zavaděč požádá procesor, aby provedl instrukci skoku do příslušné oblasti paměti. V této fázi převezme řízení činnosti počítače operační systém. Celý proces provedení zavaděče, který vede ke spuštění operačního systému, se označuje jako **spuštění** (booting, „bootování“) počítače.



Obrázek 3.5: Proces spuštění

Můžeme si položit otázku, proč nemají osobní počítače tolik paměti ROM, aby se do ní vešel celý operační systém. V takovém případě by přece nebylo nutné spouštět systém z hromadného úložiště. Tato konfigurace se sice používá u integrovaných zařízení s malými operačními systémy, ale s ohledem na současný stav technologie není praktické vytvářet velké bloky operační paměti univerzálních počítačů z trvalé pamě-

ti. Operační systémy počítačů navíc procházejí častými aktualizacemi, které opravují bezpečnostní chyby a poskytují nové a vylepšené ovladače zařízení pro nejnovější hardware. Ačkoli je tedy možné aktualizovat operační systémy a zavaděče uložené v paměti ROM (tato operace se obvykle označuje jako **aktualizace firmwaru** – firmware update), kvůli technologickým omezením je běžnější uchovávat systém běžných počítačů v hromadném úložišti.

Závěrem je vhodné poznamenat, že díky seznámení s procesem spouštění a také s rozdíly mezi operačním systémem, softwarovými nástroji a aplikačním softwarem můžeme porozumět celkovým principům fungování univerzálních počítačů. Když je takový počítač spuštěn, načte se zavaděč, který aktivuje operační systém. Uživatel poté požádá operační systém o spuštění požadovaného nástroje nebo aplikačního programu. Při ukončení jednotlivých nástrojů či aplikací se uživatel znovu dostane do kontaktu s operačním systémem a může mu zadávat další požadavky. Učení práce s takovým systémem tedy probíhá ve dvou rovinách. Kromě seznamování s podrobnostmi určitého nástroje nebo aplikace potřebuje uživatel rovněž dostatečné znalosti operačního systému počítače, aby dokázal přecházet mezi jednotlivými aplikacemi.

Otázky a cvičení

1. Uveďte komponenty typického operačního systému a jednou větou shrňte jejich roli.
2. Jaký je rozdíl mezi aplikačním softwarem a softwarovými nástroji?
3. Co to je virtuální paměť?
4. Shrňte proces spouštění počítače.

3.3: Koordinace činností počítače

V této části se budeme zabývat tím, jak operační systém koordinuje spouštění aplikačních programů, softwarových nástrojů a svých vlastních součástí. Začneme pojmem procesu.

Proces

Mezi nejdůležitější pojmy moderních operačních systémů patří rozdíl mezi programy a aktivitou jejich běhu. Samotný program je tvořen statickou sadou pokynů, zatímco jeho běh je dynamická aktivita, jejíž vlastnosti se v průběhu času mění. (Lze to přirovnat k rozdílu mezi zápisem notové osnovy, který beze změny spočívá na polici, a koncertem, kdy hudebník zapsané noty interpretuje.) Činnost programu pod kontrolou operačního systému se označuje jako **proces**. S procesem souvisí aktuální stav jeho činnosti, který se nazývá **stav procesu** (process state). Tento stav zahrnuje aktuální pozici ve spuštěném programu (hodnotu programového čítače) a také hodnoty jiných registrů procesoru a příslušných paměťových buněk. Přibližně můžeme říci, že stav procesu představuje snímek stavu počítače v určitém okamžiku. V různých fázích spouštění programu (v jiných časech procesu) bychom zjistili jiné snímky (jiné stavy procesu).