

Virtualizace výpočetního prostředí

Luděk Matyska, ÚVT MU

V poslední době se v odborné i laické informa-tické literatuře stále častěji vyskytuje slovo *virtu-alizace*, zpravidla v souvislosti s procesory, pří-padně s úložným prostorem. Až příliš často je virtualizace, zejména v polo-odborné literatuře, prezentována jako nový koncept, který pomůže vyřešit když ne všechny, tak velkou část praktic-kých problémů, které jsou spojeny s nasazením počítačů. Jaká je ale realita?

Pojem virtualizace se začal ve větší míře obje-vovat již v šedesátých letech. Svým způsobem představuje první kolo reakce na sdílení počí-tačů, které má vedle pozitivních i řadu negativ-ních rysů. První počítače byly v podstatě osobní – jejich kapacita (výpočetní možnosti, velikost pa-měti) i způsob práce s nimi vyžadovaly, že v da-ném okamžiku s konkrétním počítačem vždy pracoval jeden člověk (resp. jedna skupina, řešící stejný problém). S postupným růstem výkonu počítačů začalo být možné, aby počítač současně zpracovával dva a více programů¹. Od toho byl již jen krůček k tomu, aby ty současně zpraco-vávané programy nepatřily stejnému uživateli – dochází k prvnímu souběžnému *sdílení* počítačů. Každé sdílení má však svá rizika – program jed-noho uživatele může (omylem nebo záměrně) poškodit data nebo program druhého, zhroucení jednoho programu může vést ke zhroucení ce-lého počítače (a tedy i programů ostatních uživa-telů), náročné požadavky na paměť či výkon pro-cesoru mohou vést k faktické uzurpaci počítače jedním uživatelem apod.

Virtualizace je jedním z konceptů, který se snaží výše zmíněné problémy vyřešit. Virtua-lizace v podstatě představuje *iluzi*, v níž ně-jaký zdroj (např. paměť, procesor, disk a další periferie) zmnožíme (tedy vytvoříme řadu ko-pií) a každý uživatel dostane jednu nebo více z těchto kopií k dispozici. Protože kopie vzni-kají pouze jako koncepty, hovoříme o virtuál-ních objektech – máme virtuální paměť, virtuální

¹ „Současně“ v tomto kontextu znamená, že počítač má rozpracované dva či více programů a mezi nimi vhodným způsobem přepíná. V každém daném konkrétním oka-mžiku samozřejmě zpracovává pouze jeden jediný pro-gram.

disk a samozřejmě také virtuální procesor. V ko-nečném důsledku tak můžeme uživateli nabíd-nout celý *virtuální počítač*, který je tvořen z vir-tuálních komponent. Uživatel má tak pocit na-prosté kontroly (vlastnictví), reálně přitom sdílí konkrétní fyzické zdroje s dalšími uživateli.

Ne všechny součásti počítače lze snadno virtu-alizovat. Zatímco v případě paměti je to natolik snadné, že už si ani neuvědomujeme, že při práci s pamětí pracujeme prakticky vždy pouze s její virtualizovanou formou, v případě procesorů je to mnohem obtížnější. Virtualizace paměti vy-žadovala relativně jednoduchá a snadno realizo-vatelná rozšíření hardware, který s pamětí pracuje (rozdělení paměti na stránky, podpora ma-pování virtuálních a fyzických stránek, souvislé adresování virtuální oblasti, jejíž stránky mo-hou být libovolně ne-souvisle mapovány na fy-zickou paměť, odkládání nepoužívaných stránek na disk a vytvoření iluze mnohem větší pamě-ťové kapacity než je skutečně dostupná). V pří-padě disků zase pomohly hierarchické systémy souborů, v nichž uživatel dostane „svůj“ prostor a v něm má již prakticky plnou volnost (včetně svobody volit jména souborů, rozhodovat o tom, zda je může vidět či s nimi manipulovat někdo další atd.). V tomto případě sice nejde o plnou virtualizaci, pokud by byla třeba, je možné vytvo-řit speciální soubor (v systému souborů), který se bude chovat jako plnohodnotný virtuální disk.

Každý proces, který je v počítači spuštěn, pracuje automaticky s iluzí „vlastního“ procesoru. Plná virtualizace však předpokládá, že tuto iluzi má ne pouze jeden proces, ale všechny procesy, které tvoří operační systém a uživatelské pro-gramy dohromady. Jako první tuto vlastnost za-čala nabízet firma IBM koncem šedesátých let minulého století na svých sálových počítačích (mainframes) vybavených operačním systémem OS/370. Ten dovoloval rozdělit jeden fyzický počí-tač na několik virtuálních strojů, přitom v kaž-dém virtuálním stroji běžel plnohodnotný ope-rační systém (případně různý v různých strojích) a uživatelské programy.

Virtualizace v OS/370 stála na tzv. *hypervi-zoru*, neboli *virtuálním monitoru* (virtual moni-tor). Takto se do dnešních dnů označuje pro-gramová vrstva, která přímo komunikuje s fy-

zickým vybavením počítače a která zajišťuje virtualizaci všech součástí. Virtuální počítače (virtual machines) se pak spouští jako procesy tohoto virtuálního monitoru, přitom tyto „procesy“ mají charakter plných virtuálních počítačů. Uživatel (resp. správce) může v každém virtuálním počítači instalovat samostatný operační systém a v něm následně spouštět programy. Při *plné virtualizaci* ani operační systém, ani programy si nejsou vědomy toho, že běží ve virtuálním, nikoliv fyzickém počítači a není třeba je jakkoliv modifikovat. V principu dokonce nemusí ani používat instrukční sadu fyzického procesoru, virtuální monitor může zajistit plnou emulaci konkrétního procesoru (v takovém případě však samozřejmě ztrácíme podstatnou část výkonu fyzického procesoru).

Přestože virtualizace v rámci OS/370 byla pro řadu zákazníků zajímavá, vyžadovala velmi rozsáhlou hardwarovou podporu, která zvyšovala cenu. Ostatní výrobci počítačů proto plnou virtualizaci zpravidla nenabízeli a zájem o ni prakticky zmizel v souvislosti se zavedením osobních počítačů (ty totiž nabídl mnohem více fyzických počítačů než byla tehdejší technologie schopná nabídnout počítačů virtuálních, a to za mnohem lepších cenových i provozních podmínek). S růstem výkonu osobních počítačů a jejich nasazením v podobě serverů využívajících stejné procesory i základní architekturu se však virtualizace znovu vrátila do hry.

Hnací silou nového nástupu virtualizace byla potřeba důkladného *oddělení* vývojových prostředí. Při vývoji software určeného pro široký trh je třeba ověřit jeho vlastnosti v prostředí nejrůznějších operačních systémů resp. jejich konfigurací. Instalace, správa a provoz odpovídajícího počtu fyzických počítačů je velmi drahá, zejména pokud si uvědomíme, že zpravidla je v daném okamžiku využíván jeden nebo jen malá skupina takovýchto strojů. Alternativa, kdy na jeden počítač postupně bootujeme různé verze operačních systémů je zase časově příliš náročná (je třeba vždy čekat, než je aktuální verze zastavena a nainstaluje se další v pořadí). Nasazení virtuálních počítačů umožňuje rozmanitým verzím operačních systémů sdílet jediný fyzický počítač, přitom způsob práce garantuje, že nedochází k jeho

přetížení.

Stabilní řešení tvorby vývojového virtualizovaného prostředí však umožnila jejich využití i v dalších oblastech. Poskytovatelé různých internetových služeb zjistili, že mohou provozovat jednotlivé služby v dedikovaných virtuálních počítačích – tím zajistí maximální vyladění výpočetního prostředí (operačního systému) pro konkrétní službu – a přitom tyto dedikované servery (zejména v případě služeb s malým zatížením procesoru) je možné i nadále provozovat na jednom fyzickém počítači. Na jednom počítači je tak možné provozovat virtuální počítač s operačním systémem Linux a v něm webový server Apache, a současně další virtuální počítač, v němž jsou nainstalovány např. Windows XP a Internet Exchange.

Virtualizace počítačů však umožňuje jít ještě dále. Např. v oblasti webových serverů (třeba IS MU) je obvyklé, že takový server je fyzicky tvořen množinou (clusterem) počítačů, které společně obsluhují uživatelské požadavky. V nevirtualizovaném prostředí je předem dána velikost clusteru – v případě nízkého zájmu je řada počítačů nevyužita, přesto může ve špičkách docházet k přetížení celého systému a pomalé reakci. Pokud však provozujeme dva či více webových serverů, které jsou zatíženy v jinou dobu, můžeme při zatížení zvyšovat počet virtuálních strojů obsluhujících konkrétní webovou aplikaci a při snížení zájmu počet virtuálních strojů snižovat (uvolněný výkon využije např. druhá webová aplikace).

Na stejném principu lze ale sdílet i fyzická prostředí se zcela rozdílným primárním využitím, např. webové servery (ve dne pro rychlé obslužení zákazníků) a databázové aplikace (v noci pro rozsáhlé operace nad databází). Každá aplikace přitom má plně přizpůsobené prostředí (konkrétní operační systém a jeho konfigurace, knihovny, pomocné programy, velikost paměti atd.) a aplikace se naprosto nemohou ovlivňovat (běží ve zcela různých virtuálních strojích).

Virtualizace tak umožňuje naplnit jeden ze slibů informatiky – plnou individualizaci prostředí při vysoce efektivním využití zdrojů. ÚVT MU, resp. jeho Superpočítačové centrum, se proto

rozhodlo zahájit virtualizaci prostředí náročných výpočtů a distribuovaného výpočetního prostředí. V dalších příspěvcích ukážeme možnosti, které tím vznikají, a podrobněji si popíšeme technické zázemí, na němž moderní virtualizace stojí. □