



400 000 počítačů v jednom computeru

Bez nich bychom neměli předpovědi počasí ani vysoce účinné léky: **SUPER-POČÍTAČE** jsou již prostě neodmyslitelnou součástí našeho života. Se svým novým modelem teď IBM trhá všechny rekordy.

ANDREAS HENTSCHEL

Největší strom světa stojí v Kanadě, má kmen vysoký 115 metrů a patří do rodu sekvojí. Roadrunner, v češtině „kukačka zemní“, je se svými 27 km/h nejrychleji běžící pták Severní Ameriky. Jaguár má zase nejsilnější stisk zubů ze všech kočkovitých šelem, takže svými špičáky snadno rozlouskne lebku kořisti. Jejich společným rysem je předpona „nej“, a představují tedy jakési živoucí superlativy.

Díky svým neobvyklým vlastnostem se tyto extrémní živé přírody staly kmotry jiných superlativů – superpočítačů. Roadrunner od IBM vede od května 2008 žebříček nejrychlejších computerů světa. Zvlá-

dá 1,1 petaflopsu – tedy 1 100 bilionů výpočetních operací za sekundu. Těsně v patách je mu Jaguar od firmy Cray, který to dotáhl na 1,06 petaflopsu. Jim oběma však brzy přeroste přes hlavu jiný gigant – Sequoia. Toto výpočetní monstrum přijde na svět v roce 2011 a bude skoro dvacetkrát výkonnější než Roadrunner – to představuje 400 000 pecéček vybavených 3GHz procesorem Quadcore. Co vlastně znamená 20 petaflopsů, to se IBM pokouší osvětlit následujícím – byť rovněž těžko představitelným – příměrem: „Na to, co Sequoia spočítá za den, by šest miliard lidí s kapesními počítači potřebovalo skoro tisíc let.“

ČASOVÁ OSA: HISTORIE SUPERPOČÍTAČŮ

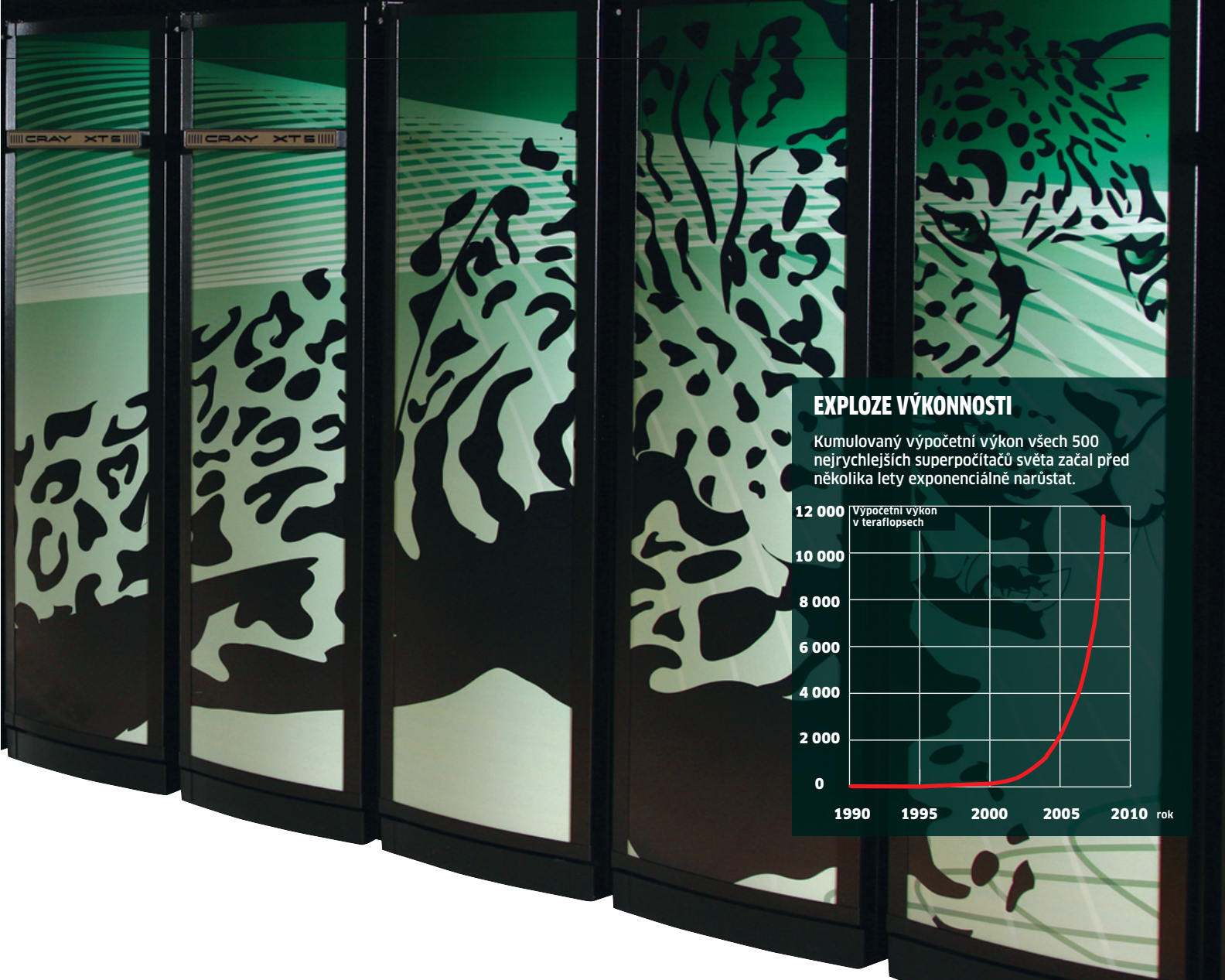


1943 Colossus dosáhl jako první počítač na světě více než 1 000 flopsů. Britové na něm dešifrovali zachycené depeše nacistů.



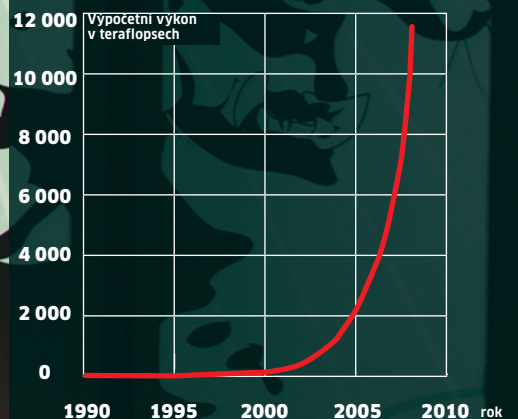
1961 IBM 7030 byl po dalších čtyřech letech nejrychlejším computerem – a prvním s 64bitovou architekturou.

1984 V Moskvě byl představen M-13 – s 2,4 miliardy výpočetních operací za sekundu první gigaflopsový počítač světa.



EXPLOZE VÝKONNOSTI

Kumulovaný výpočetní výkon všech 500 nejrychlejších superpočítačů světa začal před několika lety exponenciálně narůstat.



Náročná simulace: Výbuch supernovy v superpočítači

Ale co to vlastně je, tyto nepředstavitelné datové objemy, s nimiž se zde počítá? Jedná se o simulace, počítačové napodobování přírodních jevů. Pomocí superpočítačů se dá zjistit, jak se v půdě šíří jedovaté látky – a jak dlouho potrvá, než se rozloží. Je také možné vypočítat proudy magmatu v zemských útrobách, simulovat tvorbu galaxií, znázornit děje při výbuchu supernovy nebo ukázat, jak se na různých materiálech projevují ostřelování laserovými paprsky – to je mimo jiné důležité pro vývoj urychlovačů částic používaných při léčbě zhoubných nádorů. Su-

perpočítače dokážou vyzkoumat působení léků, aniž by kvůli tomu bylo nutno trápit laboratorní myši. Anebo mohou předpovědět, kdy v Los Angeles dojde k příštímú zemětřesení – a které ulice budou nejhůře postiženy.

„Superpočítače jsou pro výzkum nepostradatelné,“ říká Klaus Wolkersdorfer, vedoucí provozu vysokovýkonných výpočetních systémů při výzkumném středisku v Jülichu. „Vedle teorie a experimentu se dnes počítačové simulace skoro staly třetím pilířem vědy.“ V Jülichu pracuje nejrychlejší současný evropský superpočítač Jugene, jehož 180 teraflopsů jej řadí na jedenácté místo v celosvětovém Top 500 su-

„Vědci už nám doslova šlapou na paty.“

Klaus Wolkersdorfer, Výzkumné centrum Jülich

1997 Pod názvem Ascii Red postavil Intel první teraflopový počítač. V čele Top 500 se držel tři roky.



2008 IBM Roadrunner prorazil jako první computer světa petaflopsovou hranici.

2011 IBM Sequoia má dosáhnout výkonu 20 petaflopsů. Obrázek ukazuje řešení založené na stejné architektuře.



perpočítačů. Ale v Jülichu mají dobré vyhlídky na to, že se brzy vklíní do první trojice. V létě bude Jugene rozšířen a stane se z něj první „petapočítač“ Evropy.

Dostavba superpočítače Jugene není jen otázkou prestiže. „Vědci už nám doslova šlapou na paty,“ vysvětluje Wolkersdorfer. „V poslední době přesahují objednávky výpočetního času na Jugene více než pětkrát naše možnosti. Od léta budeme moci obrovskou poptávku alespoň do jisté míry uspokojit.“

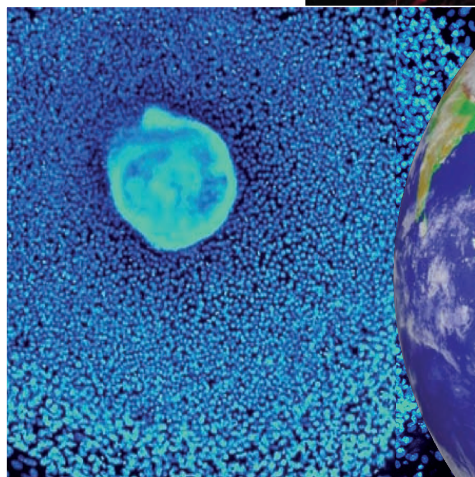
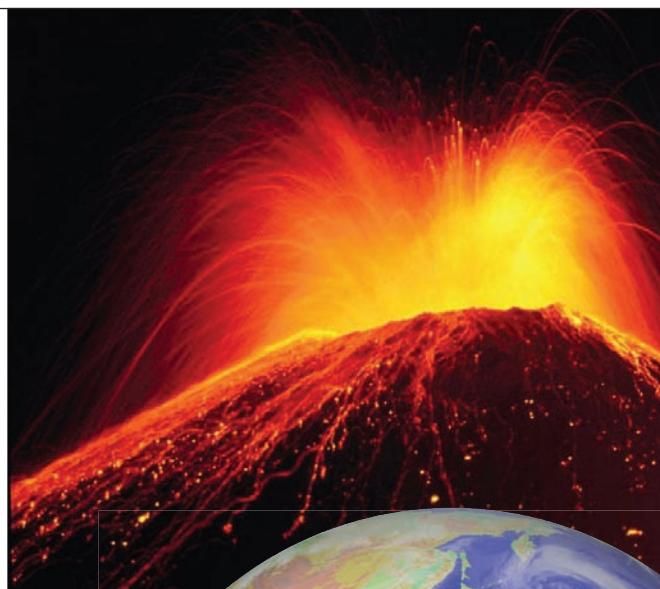
V rozšířeném superpočítači Jugene bude počítat 294 912 procesorů PowerPC. Ty jsou umístěny v 72 skříních, každá o velikosti telefonní budky. Kapacita operační paměti obnáší celkem cca 144 terabajtů, systém má přístup k šesti petabajtům diskových pamětí. Čipy pracují s taktem 850 MHz. „Taková frekvence nepochybně dnešního uživatele PC nijak neohromí,“ připouští Wolkersdorfer. Ale rychleji to nejde: systém má už tak příkon 2,2 megawattu. Při ještě vyšší pracovní frekvenci by kromě spotřeby proudu vzrostlo i odpadní teplo – a chlazení celého zařízení by se už dalo těžko zvládnout.

Daleko důležitější než taktování procesorů je ale software, který na superpočítači Jugene běží. Takový Photoshop by totiž ani v tak výkonném počítači neběžel rychleji než na obyčejném notebooku – program by prostě nedokázal tolik procesorů využít. Všechny aplikace tedy musí být speciálně psány pro tento počítač a jeho multijádrovou architekturu. Aby se tým v Jülichu tohoto úkolu zhostil co nejlépe, úzce spolupracuje se softwarovými vývojáři vědeckých ústavů, které na superpočítači Jugene provozují své simulace. „Paralelní programování je opravdová výzva,“ říká Klaus Wolkersdorfer. „Hlavní potíž spočívá v tom, jak zorganizovat výměnu dat mezi procesory tak, aby jeden čip nemusel čekat na výsledky jiného.“

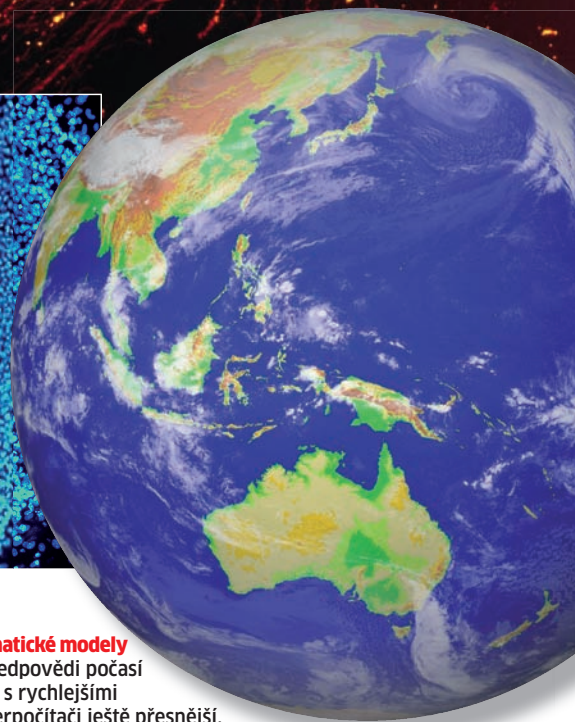
Exaktní předpověď počasí: Déšť na zahradě, slunce na terase

Právě nad tímto problémem si nyní lámou hlavu také softwaroví vývojáři IBM v Rochesteru v Minnesotě – až na to, že musí koordinovat činnost nikoli 300 000 procesorů jako u Jugene, ale mají jich na starosti nesrovnatelně víc. Inženýři ze severu USA pracují na vývoji stroje Sequoia, který má asi za tři roky v žebříčku Top 500 obsadit první místo. V tomto superpočítači bude pracovat 1,6 milionu procesorů, jeho operační paměť obsáhne 1,6 petabajtu; to všechno bude umístěno v 96 stojanech na

Katastrofy, jako například zemětřesení nebo výbuchy sopek, se dají pomocí megapočítačů předpovídat 50krát přesněji – a také jejich následky.



Lékařské výzkumy vykazují díky počítačovým simulacím velké pokroky. Například je možné upustit od testování léčiv na zvířatech.



Klimatické modely a předpovědi počasí jsou s rychlejšími superpočítači ještě přesnější.

Amálka: U nás nejvýkonnější

V České republice je nejvýkonnějším superpočítačem stroj s poetickým jménem Amálka.

Pátá generace tohoto počítače slouží českému kosmickému programu, kde zajišťuje náročné výpočty, numerické experimenty a složité vizualizace. Výpočetní výkon Amálky je 4,07 teraflopsu, což znamená, že superpočítač zvládne zpracovat 4,07 bilionu operací za sekundu. „Co Amálka zvládne vypočítat za jednu sekundu, to by na běžném stolním počítači trvalo odhadem devět hodin. Průměrná úloha, kterou Amálka řeší, jí odhadem trvá šest dní,“ uvádí Jiří Čáp ze společnosti Sprinx Systems, která superpočítač ve spolupráci s vědeckým týmem dr. Pavla Trávníčka z ÚFA AV ČR postavila.



Amálka: Český superpočítač se podílí například na výzkumu procesů probíhajících ve slunečním větru či na studiu magnetických anomálií na Měsíci



Připravena k odpálení - nebo ne? Životnost atomových zbraní USA bude od roku 2011 určována nejrychlejším superpočítačem světa.

340 čtverečních metrech. Předpokládaný výkon: 20 petaflopsů.

Tuto úžasnou výpočetní sílu potřebuje Sequoia především na jeden úkol – simulaci stárnutí atomových zbraní. Jeho objednatel National Nuclear Security Administration, součást výzkumného ústavu U.S. Department of Energy, chce touto cestou zjistit, zda dnešní, desítky let starý arzenál atomových zbraní je ještě použitelný – anebo se pomalu stává nekontrolovatelnou hrozbou. A teprve jen tak mimochodem, zbudou-li volné kapacity, se bude počítat i pro civilní účely. Pak by, jak sděluje IBM v jedné z tiskových zpráv, mohli meteorologové a seizmologové odevzdávat ještě přesnější prognózy. Umožnilo by to předpověď lokálních povětrnostních jevů s přesností až na 100 m². Tedy například, jakkoli to zní neuvěřitelně, déšť na zahradě a sluníčko na terase – předpovídat by se daly i ty nejpodivnější vrtochy počasí. Už spíše se dá po-

„Poptávka po výpočetním výkonu stále stoupá.“

Herbert Cornelius, Intel

chopit, že prognózy zemětřesení a bezpečných evakuačních cest by se daly vypočítat padesátkrát přesněji než dnes. „Vědci by byli schopni předpovědět dopady otřesů i na jednotlivé budovy – na ploše o velikosti Los Angeles.“


Superpočítač v Jülichu je využíván výhradně pro civilní potřeby. Badatelé zde dokonce musí podepsat prohlášení, že vý-

sledky jejich práce budou zveřejněny – jinak žádný strojový čas nedostanou. Naproti tomu to, co po roce 2011 spočítá Sequoia, zůstane co nejpečlivěji utajeno.

Narůstajícím zájmem o superpočítače a honbou za stále vyššími výkony není nijak překvapen Herbert Cornelius. Ředitel Advanced Computing Center u Intelu má na starosti technologie pro supercomputery zítřka – nové procesory, rozhraní, software. „Počítačová technika dnes dovoluje simulace, které by ještě před pár lety byly nemyslitelné,“ říká Cornelius. „Dokážeme spočítat dokonce chování nanostruktur. Nebo děje, u nichž hrají roli úplně rozdílné obory – jako při simulaci průtoku krve srdcem. Při takových výpočtech je nutno respektovat stejně tak zákonitosti proudění jako chemické a biologické reakce. To všechno se odehrává v časových rozmezích nano- nebo pikosekund, což pochopitelně nesmírně zvyšuje poptávku po výpočetním výkonu,“ objasňuje Cornelius.

Suprapočítač: Do deseti let padne hranice exaflopsu

Existují však i příklady zdánlivě docela jednoduchých úloh, na které je i petaflopsový počítač příliš pomalý. „Například je dnes stále ještě nemožné simulovat kompletní obtékání celého letadla,“ tvrdí Cornelius. Takové výpočty ztěžuje jeden kritický problém – aby se dalo dosáhnout exaktních výsledků, musí být mřížkový model počítačového letadla velmi jemný. „Oblé plochy musíme nahrazovat soustavou mnohoúhelníků – a ty jsou rovinné.“ Čím je však model detailnější, tím náročnější je výpočet. Letečtí konstruktéři proto vždy vypočítávají vlastnosti proudění jen pro jednotlivé díly. Koneckonců ani nemají času nazbyt. Simulace proudění se počítají dvakrát až třikrát za den – aby se inženýři rychle dozvěděli výsledky a mohli pokračovat v práci.

Utichnutí poptávky po výpočetním výkonu je v nedohlednu. Během deseti let má padnout hranice exaflopsu – to je 1 000 petaflopsů. „Teoreticky by to bylo možné už dnes, stačilo by jednoduše spojit tolik počítačů, kolik by jich bylo zapotřebí,“ potvrzuje Cornelius: „Nevím ale, zda by na zásobování takového výpočetního centra energií stačila jedna atomová elektrárna. A pravděpodobně by takový počítač byl velký jako menší město.“ Až jednou na takový mamutí projekt dojde, určitě se také pro něj najde v přírodě kmotr, který mu propůjčí své jméno... 

AUTOR@CHIP.CZ