

Masarykova univerzita v Brně
Filozofická fakulta
Ústav české literatury a knihovnictví
Kabinet knihovnictví



Porovnání funkcí lidského mozku a počítačových operací (výsledky posledních výzkumů)

Seminární práce k předmětu Učíci se společnost a role knihovníka v ní

Autor: Adam Vtípil
UČO: 218101
Typ studia: prezenční
Ročník: 3.
Počet znaků: 15 484

Brno
2008

Obsah

Obsah	1
Úvod	2
1 Nervová soustava, mozek	3-5
1.1 Nervová soustava	3
1.2 Neurony	3
1.3 Šíření nervového signálu	4
1.4 Dělení lidského mozku	4-5
2 Počítač – základní části	5-7
2.1 Von Neumannovo schéma	5
2.2 Procesor (CPU)	6
2.3 Operační paměť RAM	6
2.4 Základní deska	6-7
3 Výzkumy	7-9
3.1 Princip binárního kódování také v mozku	7-8
3.2 Rychlost operací – mozek a superpočítače	8-9
3.3 Krátkodobá a RAM paměť	9
Závěr	10
Literatura	11

Úvod

Lidský mozek bývá často přirovnáván k počítačům. Lidé se již dlouho snaží poznat a změřit jeho možnosti, vyčíslit rychlost či paměťové kapacity. Zkonstruovat počítač srovnatelný s lidským mozkem je považováno za vrchol technologie. Aby to však bylo možné, je nejprve nutné poznat dokonale mozek samotný.

Cílem této práce je dotknout se některých témat, na která výzkumníci narazili v posledních letech. Nechci zde mapovat veškeré aspekty lidského mozku a následně je srovnávat s počítačovými operacemi. Po úvodu do rozčlenění a funkcí jak mozku tak běžného počítače se blíže věnuji několika výzkumným projektům, které s tímto srovnáním souvisí a zjednodušeně představuji jejich výsledky.

1. Nervová soustava, mozek

1.1 Nervová soustava

Nervová soustava plní u živočichů funkci přenosu podnětů přijímaných z vnějšího nebo vnitřního prostředí do ostatních částí organismu a zajišťuje jeho koordinovanou reakci.¹

U mnohobuněčných organismů se nervová soustava skládá z nervových buněk. Ale již u nejprimitivnějších jednobuněčných organismů můžeme hovořit o principu reflexu. Reflex je označení pro děje, při kterých je podnět zachycen vnějšími či vnitřními receptory, vzruch je dále přenášen propojenými nervovými vlákny, která jej vedou do příslušného výkonného orgánu – efektoru.

U dvoustranně souměrných živočichů (jako je např. člověk), pohybujících se aktivně jedním směrem, dochází ke koncentraci částí nervové sítě a vytváření nervových center. Takové nervové soustavy nazýváme centralizované.²

1.2 Neurony

Specializované buňky, umožňující nervové řízení, se nazývají neurony. Od ostatních živočišných buněk se liší také tvarem. Z jejich hlavního těla vyrůstají rozvětvené výběžky (dendrity) a jeden výběžek delší a silnější (neurit, axon). Povrch neuritu je chráněn myelinovou pochvou a tzv. Schwannovými buňkami. Obě tyto vrstvy zabraňují šíření signálu mezi sousedícími vlákny. Rychlost přenosu signálu po vláknu je přímo úměrná tloušťce myelinového obalu neuritu.

Kromě těl neuronů a jejich vláken se v centrální oblasti nervové soustavy nacházejí také tzv. buňky gliové, které mají vyživovací a ochrannou funkci pro neurony.

Těla neuronů tvoří šedou a jejich výběžky bílou hmotu, z nichž se skládá většina částí mozku.

1.3 Šíření nervového signálu

Základním principem přenosu nervového vzruchu je rozdíl polarity a síly elektrického náboje mezi jednotlivými výběžky neuronů. Místo dotyku vláken se nazývá synapse.

Polopropustná biomembrána nervových buněk odděluje vnější- kladně nabitě prostředí od prostředí vnitřního, záporně nabitěho. Propustnost membrány vůči nitrobuněčným K^+ -iontům na úkor mimobuněčných Na^+ -iontů se projeví v přebytku Cl^- -iontů uvnitř buňky. To zapříčiní převažující záporný náboj uvnitř buňky. Takovýto náboj se nazývá klidový potenciál, tzn. vyskytuje se v případě, že nedošlo k podráždění nervové buňky.

Vyskytne-li se podráždění, biomembrána se stává propustnější pro Na^+ -ionty, které proniknou do nitra buňky a nastává depolarizace. Tím se klidový potenciál změní na tzv. potenciál akční. Vzruch se tedy po nervovém vláknu šíří ve formě elektrické energie. Následuje ovšem opět repolarizace, vracející synapsi do původního klidového stavu.

Změny propustnosti membrány jsou způsobovány tzv. neurotransmitery, které jsou uloženy na obou koncích vláken v synapsi. Je-li jedna membrána vlákna vystavena účinkům těchto látek, stává se propustnější pro některé ionty (viz výše). Po dokončení přenosu jsou zbývající transmitery rozloženy pomocí enzymů a jejich účinek se rychle vytrácí. Neurotransmitery mohou plnit jak funkci excitační, tak inhibiční.³

1.4 Dělení lidského mozku

Nervovou soustavu člověka lze rozlišit na centrální nervovou soustavu (CNS), skládající se z mozku a páteřní míchy, a periferní nervy (PNS), plnící funkci „transportních“ dostředivých a odstředivých drah. Dráhy dostředivé přenáší vzruchy ze smyslových receptorů do CNS, kde jsou tyto vzruchy zpracovány a pomocí odstředivých drah jsou vyslány reakční impulsy k příslušným efektorům. Odstředivé nervy se dělí na motorické, umožňující volní pohyb, a autonomní, ovládající základní reflexy, trávení, krevní oběh apod.⁴

Lidský mozek se vývojově rozčlenil na několik nejdůležitějších částí: přední mozek, střední mozek a zadní mozek.

Přední mozek se dále dělí na koncový mozek (levá a pravá hemisféra) a mezimozek. Koncový mozek zpracovává vnější smyslové podněty - čichové, chuťové, zrakové, sluchové. Je centrem vyšší nervové činnosti – myšlení, řídí také úmyslné pohyby a řeč. Mezimozek odpovídá za emoce, ovlivňuje biorytmy a je důležitý pro hormonální řízení.

Střední mozek slouží jako tranzitní stanice pro zrakové a sluchové dráhy, motoriku očí a orientace za zvukem.

Zadní mozek je nejstarší částí mozku. Dělí se na mozeček a prodlouženou míchu. Prodloužená mícha odpovídá za základní životní funkce (dýchání, srdeční činnost, trávení atd.), základní reflexy (polykání, kašláni, zvracení atd.). Mozeček je centrem koordinace pohybů, jemné motoriky a rovnováhy.

2. Počítač- základní části

2.1 Von Neumannovo schéma

Mluvíme-li dnes o počítači, představíme si pravděpodobně stroj sestavený na základě tzv. Von Neumannova schématu. Jedná se o obecný model digitálního počítače, umožňujícího na základě vložených instrukcí provádět výpočetní operace a poté zobrazit jejich výsledek.

Von Neumannovo schéma obsahuje pět základních částí: vstupní a výstupní zařízení, (operační) paměť, aritmetickologická jednotka (ALU – arithmetic - logic unit) a řídicí jednotka.

Vstupní zařízení slouží ke vkládání programů a instrukcí, které má počítač zpracovávat. Samotné „mechanické výpočty“ jsou prováděny v ALU. Data, která ALU zpracovává (program a instrukce), jsou uchovávána v operační paměti, která následně uloží i výsledky výpočtů. Tyto výsledky jsou poté zobrazeny na výstupním zařízení. Komunikaci mezi jednotlivými zařízeními obstarává řídicí jednotka. Ta řídí činnost ostatních součástí počítače pomocí zpětnovazebného systému řídicích a stavových signálů.⁵

Takováto architektura počítače se téměř beze změny zachovala až dodnes. Dnešní počítače však dokáží pracovat na více úlohách zároveň či jednu úlohu pozastavit a začít práci na jiné. Navíc součásti a mezivýsledky programů není již potřeba zavádět do paměti celé – je možné tyto části vyvolat až v případě potřeby.

2.2 Procesor (CPU)

Procesor je často nazýván mozkiem počítače. Jedná se o hlavní řídicí a výpočetní středisko počítače. Probíhá zde tedy většina veškerých aritmetickologických výpočtů a také řízení ostatních částí počítače na základě zpracovávaného programu. Jednotlivé části dnešních procesorů jsou již značně integrovány – např. proběhlo spojení ALU a řídicí jednotky. Hovoříme o CPU (central processing unit), tedy centrální procesní jednotku, která obsahuje i rychlou operační paměť o malé kapacitě. Funkce ALU, řídicí jednotky a operační paměti procesoru (registrů) však zůstávají prakticky stejné, jako ve Von Neumannově schématu.

K periferním, ale dnes již také integrovaným částem procesorů patří např. vyrovnávací paměť (cash) sloužící k vyrovnání rychlosti přístupu k informacím mezi systémy s rozdílnou rychlostí (procesor → paměť RAM).⁶

2.3 Operační paměť RAM

Operační paměť slouží v počítači k ukládání operačních dat – mezivýsledků výpočtů procesoru a instrukcí programu. Paměť RAM (random access memory) se vyznačuje tím, že data v ní uložená mohou být zpřístupněna nezávisle na pořadí uložení. Je tedy jedno, jestli dvě „sousedící“ informace spolu souvisí nebo souvisí s momentálně prováděným úkolem. Po dokončení úkolu bývají operační data nahrazena daty souvisejícími s jiným úkolem. Paměť se také vymaže při vypnutí počítače – přerušení dodávky elektrického proudu.

2.4 Základní deska

Základní deska je jakýmsi periferním nervstvem a opěrnou soustavou počítače zároveň. Propojuje veškeré části počítače z hlediska přenosu dat. Úkolem základové desky je kromě propojení stávajících částí také poskytnout možnost připojení částí dalších a tím rozšíření systému o nové/výkonnější funkce.

Sada čipů zabudovaných do základní desky (chipset) také určuje, jaké komponenty je možné do desky zapojit.

Kromě patič (slotů) sloužících k připojení procesoru, paměti RAM, grafických a zvukových karet, diskových jednotek apod. obsahuje základní deska také energeticky nezávislou paměť ROM (read only memory – pouze ke čtení), ve které je uložen základní

operační systém nutný ke spuštění a funkci samotné desky (BIOS – basic input-output system, neboli základní vstupně-výstupní systém).

3. Výzkumy

3.1 Princip binárního kódování také v mozku

Jádrem dnešních integrovaných obvodů v počítačích je tranzistor. Jedná se o součástku, která spojuje vlastnosti dvou polovodičových diod v jednom. Umožňuje jednosměrně propouštět či nepropouštět elektrický proud v daném místě. Daný tranzistor je schopen měnit svoje nabití a tím ovlivňovat protékání/neprotékání proudu přes tuto součástku. Tato bipolarita již vypovídá o tom, proč počítače jako svůj vnitřní strojový kód používají právě dvojkovou (binární) soustavu, tedy soustavu, ve které lze jakákoliv data reprezentovat pomocí kombinací jedniček a nul.

Díky miniaturizaci je možné umístit řádově stovky milionů tranzistorů na plochu čítající jednotky centimetrů čtverečních. Čím více tranzistorů, tím efektivnější mikroprocesor.

Vědci se neustále dohadují, zda lze tyto principy (zjednodušeně řečeno „jedničky a nuly“) nalézt také v lidském mozku. Studie profesora Randalla O'Reillyho (University of Colorado at Boulder), publikovaná v říjnu roku 2006, říká, že ano.⁷

Studie se zabývá funkcemi prefrontálního kortexu (PFC) a bazálních ganglií v mozku. Zkoumány jsou konkrétní biologické mechanismy zodpovědné za funkce rapidní aktualizace (rapid updating) a robustního udržení momentálního stavu (robust maintenance) mozkových buněk. O'Reilly říká, že zavedením biologicky založených počítačových modelů při zkoumání a simulaci mozkových aktivit se může podařit proniknout do dosud tajemství zahalených oblastí vyšší nervové činnosti – jako např. volní chování a jednání. Vědci by mohli tedy přijít na kloub samotné podstatě lidského intelektu, neboli co nás činí inteligentními.⁸

Na tuto problematiku lze podle O'Reillyho nahlížet z hlediska rozdílu mezi analogovými a digitálními výpočetními principy. Prefrontální kortex má mít spíše digitální charakter, na rozdíl od zbývajících částí kortexu, které mají být založeny analogově. Neurony obsažené v PFC jsou dle této studie schopny přepínat se mezi dvěma stabilními stavy – zapnuto/vypnuto, podobně jako u polovodičových tranzistorů. O'Reilly přičítá digitálnímu

zpracování větší robustnost – odolnost proti narušení přenášených vzruchů neuronovým šumem. Tzv. bistabilní neurony (schopné zaujmout 2 navzájem opačné stabilní stavy; viz výše) navzájem spolupracují a vytváří binární reprezentaci přenášených dat, což jistě připomíná za sebou následující řetězec bitů v počítačovém kódu. Tato stabilita je podle O'Reillyho také důvodem, proč používáme digitální počítače místo analogových, u kterých šum rychle převládne a naruší zpracovávaná data.⁹

Teoretický model, popisující systém rapidní aktualizace a robustního udržení stavu neuronů nazval O'Reilly systémem „dynamického uspořádání vstupů“ (dynamic gating). Za určitých podmínek je „brána“ otevřena a „bistabilním“ neuronům (viz výše) je dovoleno vytvářet společné binární řetězce. Nastane-li změna, „brána“ se uzavře a spustí se systém robustního udržení momentálního stavu, tedy uchování nynějších vzruchů v neuronech a jejich ochrana před deformacemi vlivem šumů.¹⁰

V tomto dynamickém systému nachází O'Reilly také další analogii k tranzistorům. Jedná se o schopnost přisuzování hodnot proměnným, tedy vlastně vytvoření funkcí (ve smyslu let $X=5$).¹¹

Nakonec O'Reilly uvádí, že mozek je celkově spíše jako systém sociálních sítí, kde zpracování informací trvá delší dobu z důvodu postupného učení a hledání „důvěry“ mezi neuronovými drahami. Je zde brán větší zřetel na jemné rozdíly v obsahu a významu informací. Říká však také, že „lepší porozumění této syntéze digitálních a analogových výpočtů možná odemkne tajemství lidské inteligence“.¹²

3.2 Rychlost operací – mozek a superpočítače

Výkon počítačů se z hlediska „hrubé síly“ měří podle toho, kolik jsou schopny vykonávat početních operací za sekundu. Jednotkou, používanou k měření této rychlosti u dnešních superpočítačů, je tzv. petaflop. Jeden petaflop odpovídá 1000 trilionům operací za sekundu (= 1 kvadrilion).¹³

Nejrychlejším superpočítačem na planetě je nyní Cray XT Jaguar amerického Oddělení pro energii (Department of Energy – DOE). Tento počítač prošel před necelým rokem několika vylepšeními a nyní dosahuje rychlosti cca 1,6 petaflopů (tedy 1,6 kvadrilionů operací za sekundu). Překonal tak předchozího rekordmana Blue Gene od společnosti IBM, který jako první dosáhl rychlosti okolo jednoho petaflopu. IBM na začátku letošního března vydala prohlášení, že jejich nový superpočítač – Sequoia – který se chystá prodat opět

americkému DOE, bude dosahovat rychlostí 20x vyšších, než Blue Gene, tedy cca 20 petaflopů.¹⁴

Aby se však počítače vyrovnaly výkonem lidskému mozku, musely by, jak uvádí Dharmendr Modha, vedoucí výzkumného týmu z IBM Almaden Research Center, dosahovat rychlostí 38 petaflopů a obsahovat 3,584 terabytů paměti.¹⁵

3.3 Krátkodobá a RAM paměť

Paměť RAM slouží v počítači k ukládání krátkodobých informací (viz výše) potřebných ke zpracování momentálních úkolů. Na začátku letošního roku se vědcům podařilo identifikovat proces, při kterém dochází k ukládání informací do krátkodobé paměti přímo v jednotlivých nervových buňkách v předním mozku.

Dosavadní výzkumy paměti ukazují, že k ukládání informací dochází při aktivaci iontových kanálů nervových buněk, což vede k přeskupení či posílení synaptických sítí. Tento proces však může trvat až hodiny, a proto není příliš vhodný pro ukládání krátkodobých informací, které budou v zápětí zase nahrazeny jinými. Výzkumníci při pokusech na myších odhalili v mozku receptor, který při aktivaci spustí řetězec signálů a za pomoci vápníku umožní jednotlivým buňkám předního mozku udržet paměťové záznamy až po dobu jedné minuty. Dr. Don Cooper, vedoucí výzkumné skupiny a profesor psychologie na UT Southwestern, tento fenomén sám přirovnal k počítačové paměti RAM. Dalším objevem bylo zjištěné snížení této paměťové aktivity při závislosti na kokainu. Cooper věří, že bude možné vyvinout látku, která drogově závislým pomůže při rozhodování ignorovat negativní a rušivé vlivy.¹⁶

Závěr

V této práci jsem se věnoval srovnání některých mozkových funkcí s počítačovými operacemi. Cílem nebylo postupně probrat pokud možno veškeré aspekty lidské mysli a poté je srovnat s počítačem. Místo toho jsem představil výsledky některých nedávných výzkumů či projektů týkající se tohoto srovnání.

V první části je stručně představen mozek a jeho nejdůležitější části a jaké funkce tyto části plní. Analogicky následuje popis některých důležitých komponent běžného počítače a popis jejich funkcí.

V části druhé jsem se zaměřil na samotné výzkumy, ve kterých se objevuje přirovnání určitých funkcí či procesů v mozku k počítačovým operacím nebo konkrétním komponentům.

U některých aspektů fungování lidského mozku vědci našli určité podobnosti s digitálními počítači, celkově se ale kloní spíše k názoru, že tato podobnost je spíše okrajová. Tito výzkumníci však ve svých pracích také často zmiňují potřebu důkladnějšího výzkumu mozku samotného, protože naše nynější chápání jeho funkcí, procesů a stavů je od porozumění ještě na hony vzdáleno.

Literatura

¹ ROČEK, Zbyněk. *Palaeoherpetology and evolutionary morphology group* [online]. [2000] [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <http://rocek.gli.cas.cz/courses/Microsoft_Word_-_Morfologie18def.pdf>. s. 170.

² Tamtéž.

³ JELÍNEK, Jan. - ZICHÁČEK, Vladimír. *Biologie pro gymnázia : (teoretická a praktická část)*. Jan Jelínek, Vladimír Zicháček. 6. rozš. vyd. Olomouc : Nakladatelství Olomouc, 2003. 574 s., [80] s. obr. příl, il. ISBN 8071821594. s 277-278.

⁴ Tamtéž, s. 278.

⁵ PELIKÁN, Jaroslav. *Von Neumannovo schéma* [online]. c1999 [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/VNEUM.HTML>>.

⁶ *Procesor* [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, c2009, Datum poslední revize 23. 04. 2009, 12:44 UTC, [citováno 26. 04. 2009]

<<http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Procesor&oldid=3879561>>

⁷ *Part Of Human Brain Functions Like A Digital Computer, Professor Says* [online]. 2009 [cit. 2009-04-26]. Dostupný z WWW: <<http://www.physorg.com/news79289076.html>>.

⁸ Biologically Based Computational Models of High-Level Cognition . *Science* [online]. 2006, vol. 314, no. 5796 [cit. 2009-04-26], s. 91-94. Dostupný z WWW:

<<http://psych.colorado.edu/~oreilly/papers/OREilly06.pdf>>. ISSN 1095-9203. s. 1.

⁹ Tamtéž, s. 2.

¹⁰ Tamtéž, s. 3.

¹¹ Tamtéž, s. 4.

¹² Tamtéž, s. 4.

¹³ *Petaflop* [online]. datum neznámé [cit. 2009-04-27]. Dostupný z WWW:

<<http://www.petaflop.info/>>.

¹⁴ GREENBERG, Andy. *IBM Promises World's Fastest Computer-Again* [online]. 2009 [cit. 2009-04-28]. Dostupný z WWW: <http://www.forbes.com/2009/02/02/ibm-supercomputer-sequoia-technology-enterprise-tech_0203_ibm.html>.

¹⁵ GREENEMEIER, Larry. *Computers have a lot to learn from the human brain, engineers say* [online]. 2009 [cit. 2009-04-28]. Dostupný z WWW: <<http://www.sciam.com/blog/60-second-science/post.cfm?id=computers-have-a-lot-to-learn-from-2009-03-10>>.

¹⁶ Science Daily. *Brain's Memory 'Buffer' Discovered In Single Cells* [online]. 2009 [cit. 2009-04-28]. Dostupný z WWW:

<<http://www.sciencedaily.com/releases/2009/01/090125142121.htm>>.