

MODERNÍ METODY PRO OPTIMALIZACI PŘEPÍNÁNÍ V POČÍTAČOVÝCH SÍTÍCH

M. Cepl, J. Šťastný

Došlo: 8. července 2009

Abstract

CEPL, M., ŠŤASTNÝ, J.: *Progressive optimization methods for applied in computer network*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2009, LVII, No. 6, pp. 45–50

Standard core of communications' networks is represent by active elements, which carries out the processing of transmitted data units. Based on the results of the processing the data are transmitted from sender to recipient. The hardest challenge of the active elements present to determine what the data processing unit and what time of the system to match the processing priority assigned to individual data units. Based on the analysis of the architecture and function of active network components and algorithms, artificial neural networks can be assumed to be effectively useable to manage network elements. This article focuses on the design and use of the selected type of artificial neural network (Hopfield neural network) for the optimal management of network switch.

active network element, switch, algorithm, Hopfield neural network, optimize

Datové přenosy jsou založeny na propojení počítačů a různých počítačových sítí. Na nejnižší úrovni je vždy použit rychlý hardware, např. přepínač, schopný dodat data i z odlišných typů propojených sítí k danému příjemci. Na přepínače jsou kladeny vysoké nároky, především na rychlost zpracování příchozího datového toku, což klade rovněž vysoké nároky na rozhodovací systém, který řídí přeposílání datových jednotek na výstupní port. Složitost celého systému je dána z velké části právě rozhodovací jednotkou.

Cílem příspěvku je návrh využití umělých neuronových sítí v oblasti optimalizace komunikačních procesů, ve kterých jsou kladeny velké nároky na rychlost propojení. Jedná se o návrh architektury přepínače využívající Hopfieldovu umělou neuronovou síť (Hopfield, J., 1985) pro optimalizaci prioritního přepínání a metodiky realizace problému pomocí algoritmů této neuronové sítě.

MATERIÁL A METODY

Hopfieldova neuronová síť

J. J. Hopfieldem (Hopfield, J., 1985) byla navržena umělá neuronová síť, která se vyznačuje speciální zpětnovazební strukturou. Hopfieldova síť patří mezi jednovrstvé sítě, u níž jsou výstupy jednotli-

vých neuronů vedeny zpět na vstup ostatních neuronů. Důsledkem zpětnovazební struktury je získána nová vlastnost neuronové sítě, časová závislost. Taková struktura umožňuje implementovat algoritmy, které jsou založeny na iteračních procesech. Během řešení iteračního procesu se minimalizuje energetická funkce sítě. Řešení optimalizační úlohy lze proto realizovat vhodnou transformací optimalizační úlohy na energetickou funkci neuronové sítě.

Hopfieldova síť (Šíma, J., 1996) nalézá své uplatnění jako asociativní paměť pro řešení optimalizačních a klasifikačních problémů. Optimalizace se provádí vhodnou transformací optimalizační úlohy na energetickou funkci neuronové sítě. Energetická funkce každému stavu sítě přiřazuje jeho potenciální energii, je zdola ohraničená a pro daný stav systému je nerostoucí. V teorii neuronových sítí se stavem systému rozumí množina aktivací všech neuronů. Pokud je již tato energetická funkce nalezena, bude síť konvergovat ke stabilní množině aktivací neuronů v daném časovém okamžiku. Hopfieldova síť představuje iterativní proces minimalizující energii sítě.

Proces učení Hopfieldovy sítě (Šíma, J., 1996) lze popsat následujícími dvěma kroky:

Krok 1. Pro každý vzor je vypočítána dílčí matice $N \times N$, kde N je počet vstupů. Prvky této matice vzniknou vynásobením i -tého vstupu s j -tým vstu-

pem (každý s každým), podle následujícího pravidla:

$$w_{ij} = \begin{cases} \sum_{s=0}^{M-1} x_i^s x_j^s, & \text{pro } i \neq j \\ 0, & \text{pro } i = j, 0 \leq i, j \leq N-1 \end{cases}$$

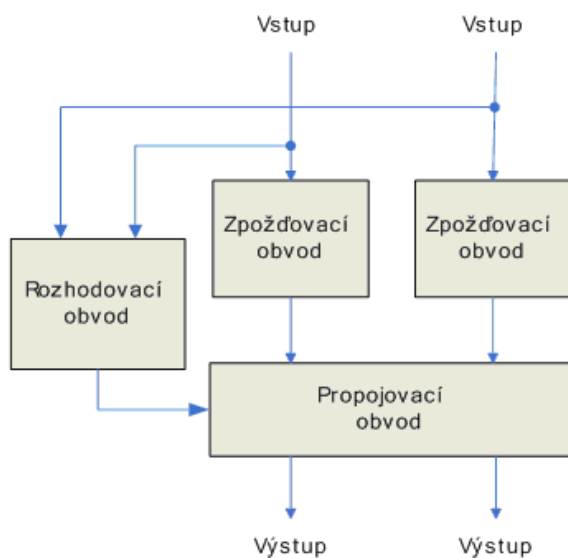
kde, w_{ij} je váha mezi neuronem i a j , x_i a x_j jsou i -tý a j -tý element s -tého vstupního vzoru, nabývající hodnot -1 nebo 1 . Vzniklá dílčí matice je následně přičtena k celkové matici vah, což vyplývá z výše uvedené rovnice. Všechny prvky celkové matice vah jsou na počátku učení nulové.

Krok 2. Jestliže nebyly předloženy všechny trénovací vzory, opakuj krok 1 pro další trénovací vzor. Trénovacích vzorů je celkem M . Každý vzor je učen pouze jednou.

Architektura síťového prvku

Základní funkce přepínače jsou přeposlání každé datové jednotky na správný cílový port a rozhodnutí, která z několika přichozích datových jednotek určených pro tentýž cílový port bude přeposlána jako první. Tyto funkce jsou řešeny systémem „uchovej a pošli“ (Dostálek, L., 2002). Přichozí pakety, které nemohou být bezprostředně doručeny na odpovídající port, jsou uloženy v paměti přepínače a jejich odeslání je závislé na typu paměti.

Jeden z možných základních přepínacích obvodů implementovaný v přepínači je znázorněn na obrázku 1.



1: Základní přepínací prvek

Obvod se skládá z následujících částí:

- rozhodovací obvod
- zpožďovací obvod
- propojovací obvod
- vstupní a výstupní porty.

Datové jednotky přicházejí na vstupní porty a zároveň jsou přiváděny do rozhodovacího obvodu,

který má za cíl zpracovat hlavičky jednotlivých datových jednotek a na základě zpracování nastavit propojovací obvod. Propojovací obvod je složen z dvojitého multiplexoru, který může být ve stavu přímého nebo křížového propojení. Rozhodovací obvod udržuje výsledek rozhodnutí pro přeposlání datové jednotky a zpožďovací obvody zajišťují synchronizaci propojovacího obvodu s jednotlivými datovými jednotkami. Složitost celého obvodu je dána nároky na rozhodovací jednotku.

Úlohou přepínače (Dostálek, L., 2002) je zpracovávat přichozí pakety a posílat je na požadovaný cílový port. Zařízení musí být schopné řešit situace, ve kterých přichází několik paketů ve stejný časový okamžik, nebo pokud mají být přichozí data přepnuta z více zdrojů na stejný cílový port.

Pro účely simulace je navržen model přepínače, který je zobrazen na obrázku 2.

Model přepínače se skládá z následujících bloků:

- Generátor paketů
- Vstupní paměť
- Neuronová síť
- Přepínací pole
- Výstupní porty.

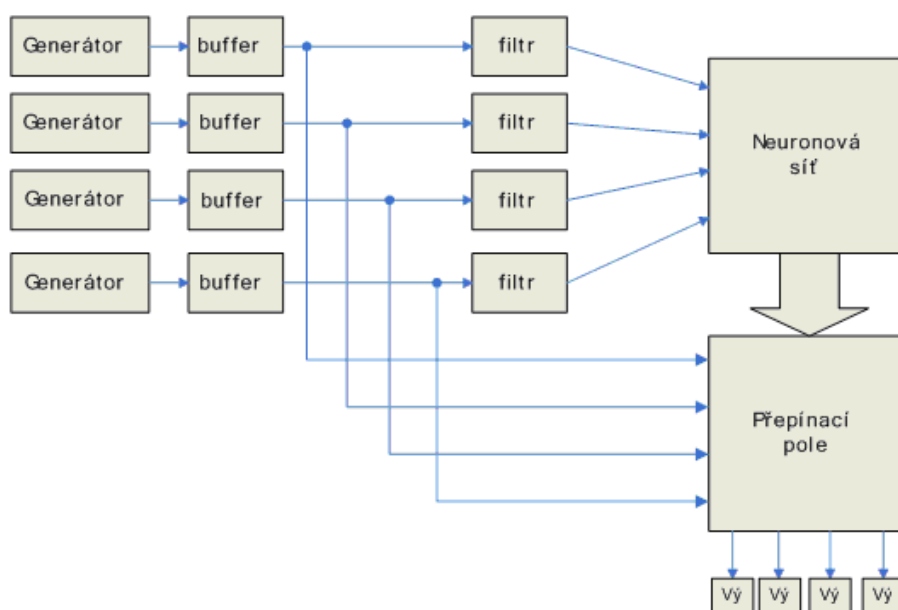
Generátor datových jednotek má za úkol náhodně generovat datový tok. Pro účely simulace jsou generované datové jednotky náhodné délky, náhodné cílové adresy výstupního portu, na který se má datová jednotka přeposlat, a priorit. Generovaná data jsou přivedena a uložena do vstupní vyrovnávací paměti, která pracuje jako paměť typu FIFO.

Generovaná cílová adresa výstupního portu a priorit zpracování datové jednotky poskytuje vstupní informace pro neuronovou síť. Ze vstupních dat lze vytvořit matici $N \times N$, obsahující v jednotlivých řádcích priority vstupních datových jednotek, které mají být přivedeny na dané výstupní porty. Každý vstupní port je dán n -rozměrným vektorem priorit, kde n udává počet portů přepínače. Jednotlivé členy vytvořeného vektoru obsahují priority datového toku směřujícího na dané výstupní porty přepínače. První člen obsahuje prioritu datového toku směřujícího na první výstup, druhý člen obsahuje prioritu datového toku směřujícího na druhý výstup atd. Takto vzniklá matice je přivedena na vstupy neuronové sítě, která má za úkol provést optimalizaci nastavení přepínacího pole.

Přepínací pole je soustava přepínačů, které propojují vstupní porty s výstupními podle optimalizovaného nastavení získaného z výstupu neuronové sítě. V ideálním případě je vždy spojen jeden vstup s výstupem a aktivní prvek pak dosahuje největší efektivity.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Pro testování byl použit software Matlab s nadstavbou Simulink společnosti MathWorks. Prostředí Matlab umožňuje provádění simulačních experimentů s různými typy dat. Navržený model síťového přepínače je možné testovat s použitím různých



2: Model přepínače

typů neuronových sítí. Pro optimalizaci prioritního řízení síťového přepínače byla v prostředí Matlab použita Hopfieldova neuronová síť. Pro testování a porovnání výsledků je možné použít dále například Kohonenovu neuronovou síť nebo síť RBF (Šťastný, J., 2007).

Simulace řízení síťového přepínače pomocí Hopfieldovy neuronové sítě je vytvořena v prostředí Matlab/Simulink. Simulace vychází z architektury síťového prvku a je prováděna na aktivním síťovém prvku se čtyřmi porty. Schéma simulace je na obrázku 3.

Vstupní data jsou náhodně generována v bloku *Net* a obsahují cílový port a hodnotu priority. Schéma zapojení bloku *Net* je na obrázku 4.

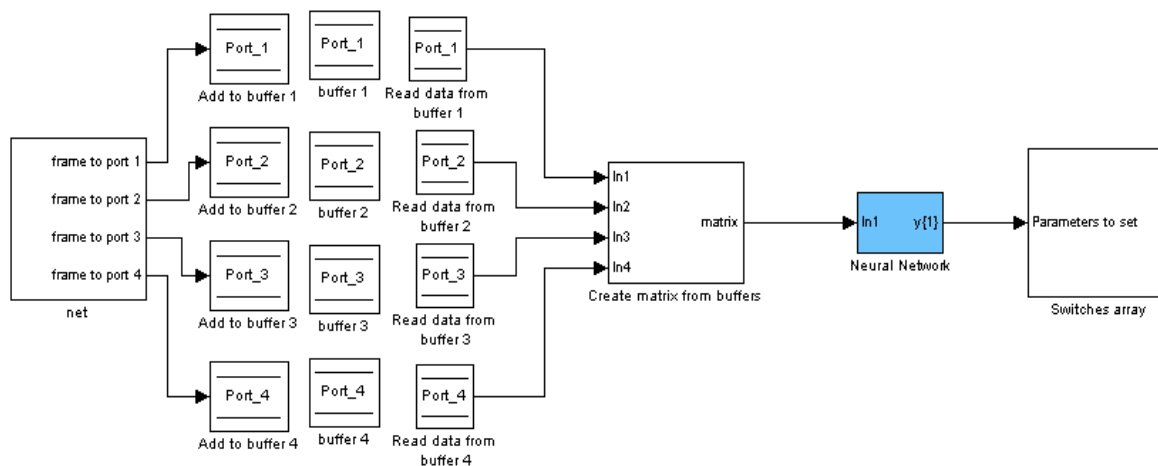
Generované hodnoty datových jednotek jsou uloženy v zásobníku. Z nich je pak sestavena matice, která poskytuje vstupní data pro neuronovou síť. Neuronová síť poté provede optimalizaci vstupních

dat. Výsledkem této optimalizace je matice, která slouží jako vstup do spojovacího pole (viz obr. 3). Výsledná matice pro spojovací pole obsahuje pouze hodnoty 0 a 1, přičemž v každém řádku a v každém sloupci je právě jedna hodnota 1. Spojové pole pak propojí dané vstupy s výstupy a provede se vlastní přenos dat.

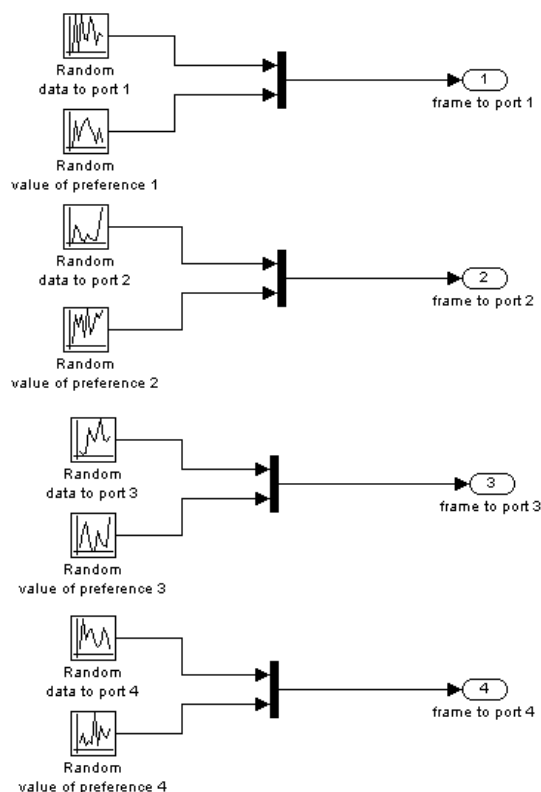
Model s náhodně generovanými daty by bylo dále možno upravit podle obrázku 5.

Na vstupy upraveného modelu přepínače budou přiváděna reálná data získaná ze síťového provozu. Model je rozšířen o paměť pro výstupní porty a vstupní paměť představuje jeden blok.

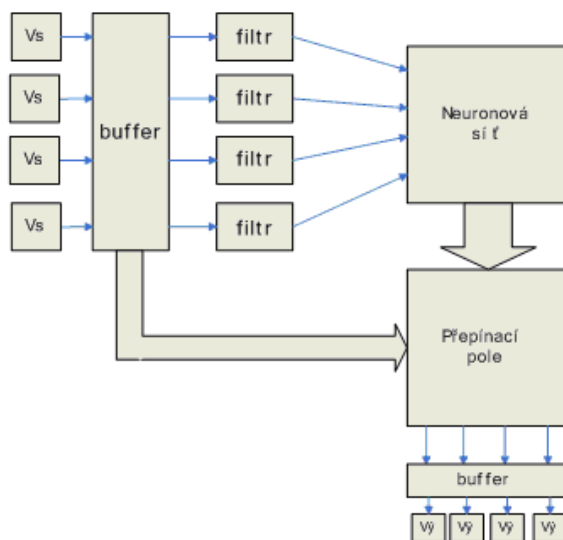
Výsledný model je možné rovněž testovat s použitím jiných typů neuronových sítí, případně lze optimalizaci přepínání řešit pomocí hybridních fuzzy modelů (Chang, B. R., 2009) nebo spektrální analýzy (Tzagkarakis, G., 2009).



3: Celkové schéma simulace v prostředí Matlab/Simulink



4: Schéma zapojení bloku Net



5: Upravený model přepínače

SOUHRN

Příspěvek se zabývá návrhem architektury síťového prvku s využitím neuronové sítě pro optimální řízení datového toku. Klíčovým parametrem pro návrh aktivního síťového prvku je rychlost zpracování datového toku. Návrh je založen na paralelním zpracování přichozích datových toků s využitím stochastických optimalizačních metod, čímž je dosaženo zvýšené propustnosti síťového přepínače. Popis se zaměřuje na využití Hopfieldovy neuronové sítě, která dosahuje v optimalizačních procesech nadějných výsledků. Uvedený návrh zpracování datového toku pomocí neuronové sítě dává na základě provedených simulačních experimentů v prostředí Matlab nadějně výsledky pro nasazení v reálné aplikaci.

Možnost realizace navrženého modelu skýtá vývojový kit NetFPGA (NetFPGA, 2009). Tento kit je používán pro vytvoření a testování gigabitového ethernetového přepínače a Internet Protocol (IP) směrovače, který využívá hardwarové přeposílání paketů.

aktivní síťový prvek, přepínač, algoritmus, Hopfieldova neuronová síť, optimalizace

SUMMARY

This paper proposed a network element architecture using neural networks for optimal management of data flow. A key parameter for the design of an active network element is the speed of processing the data stream. This proposition is based on parallel processing of incoming data streams using stochastic optimization methods which achieve an increased permeability of the network switches. Description focuses on the use of Hopfield neural network which reaches the promising results of the optimization process. This proposition of data stream processing using neural networks based on simulation experiments in the Matlab environment gives encouraging results for use in real application.

The possibility of realization of the proposed model offers a development kit NetFPGA. This kit is used for the creation and testing of Gigabit Ethernet switches and Internet Protocol (IP) routers which use hardware packet forwarding.

Příspěvek vznikl v rámci řešení:

VZ MSM 6215648904/03/03/02 (Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně)

VZ MSM0021630529 (Vysoké učení technické v Brně)

GAČR/102/07/1503 (Vysoké učení technické v Brně)

LITERATURA

- DOSTÁLEK, L., KABELOVÁ, A., 2002: *Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS*. Praha: Computer Press, 426 s. ISBN: 80-7226-675-6.
- HOPFIELD, J. J., TANK, D. W., 1985: "Neural" Computation of Decisions in Optimization Problems, *Biological Cybernetics*. 141–152, DOI 10.1007/BF00339943.
- CHANG, B. R., TSAI, H. F., 2009: Improving network traffic analysis by foreseeing data-packet-flow with hybrid fuzzy-based model prediction. *Expert Systems with Applications* 36: 6960–6965, DOI 10.1016/j.peva.2008.10.010.
- NetFPGA [online]. 2009, 2009 [cit. 2009-06-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.netfpga.org/>>.
- ŠÍMA, J., NERUDA, R., 1996: *Teoretické otázky neuronových sítí*. MATFYZPRESS, Praha, ISBN 80-85863-18-9.
- ŠŤASTNÝ, J.; ŠKORPIL, V., 2007: Analysis of Algorithms for Radial Basis Function Neural Network. *Personal Wireless Communications*: 54–62, ISBN 978-0-387-74158-1.
- TZAGKARAKIS, G., PAPADOPOULI, M., PANAGIOTIS, T., 2009: Trend forecasting based on Singular Spectrum Analysis of traffic workload in a large-scale wireless LAN, *Performance Evaluation* 66: 173–190. DOI 10.1016/j.eswa.2008.08.038.

Adresa

Ing. Miroslav Cepl, doc. RNDr. Ing. Jiří Šťastný, CSc., Ústav informatiky, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, e-mail: miroslav.cepl@mendelu.cz, jiri.stastny@mendelu.cz

