

AGENTOVÝ SYSTÉM NA BÁZE KLONÁLNEJ SELEKCIE

Tomáš Kasanický

*Slovenská akadémia vied, Ustav informatiky
Dúbravská cesta 9, 845 07 Bratislava, Slovak Republic
Tel.: +421 5 6025120 e-mail: tomas.kasanicky@neuron.tuke.sk*

Abstract: Spolu so vzrastajúcou potrebou autonómnych zariadení, sa čoraz viac do popredia dostáva otázka samo-praviteľnosti, respektíve schopnosti čiastočného fungovania takýchto zariadení aj počas pôsobenia poruchy. Teória umelých imunitných systémov poskytuje niekoľko paralel získaných z biológie ktoré umožňujú riešiť problémy seba-diagnostiky a samo-opravovania. Táto práca poukazuje na možnosť využiť pre detekciu a odstraňovanie porúch agentový systém, založený na princípoch teórie imunitnej odozvy cicavcov.

Keywords: fault tolerance, artificial immune system, clonalg, Multi-agent system,

1 ÚVOD

Pre prežitie každého organizmu v prírode je nevyhnutou podmienkou vlastniť mechanizmus zabezpečujúci pokračovanie existencie aj po jeho čiastočnej deštrukcii. Táto vlastnosť je jednou zo základných podmienok, ktoré umožňujú prežívať náhodné, alebo cielené poškodenia organizmov. V prírode existuje nespočetne veľa rôznych spôsobov ako jednotlivé druhy bojujú s narušením funkcionality jednotlivých častí svojho organizmu. Treba si uvedomiť, že s narastajúcou zložitou organizmu narastá aj počet možných zlyhaní, ktoré môžu nastať. Spôsoby, ktorými môže byť napadnutý stavovec ďaleko prevyšuje spôsoby, akými môže byť narušený jednobunkový organizmus. Od istého stupňa zložitosti nie je možné predpokladať všetky potencionálne zlyhania a narušenia a preto nastáva nutnosť vlastniť univerzálny spôsob ochrany. Takúto ochranu ponúka imunitný systém.

Túto paralelu je možné aplikovať na informačnú spoločnosť. V počiatkoch výpočtovej techniky bola zložitnosť zariadení a programov neporovnateľne nižšia. Počas toho, ako rástli nároky na zariadenia a programové vybavenie, začali sa objavovať čoraz častejšie požiadavky na systémy, ktoré sú odolné voči chybám. Na začiatkoch sa tieto požiadavky kladli prevažne na hardvér, no v dnešnej dobe je komplikovanosť programového vybavenia tak vysoká a spoľahlivosť hardvéru tak vzrástla, že čoraz častejšie je sa kritéria odolnosti voči poruche presúvajú na programové vybavenie počítača.

Hlavným cieľom tejto práce je využiť princíp imunitnej odozvy ako nástroj pre generovanie nových riešení za účelom odstrániť nečakanú poruchu. Tento spôsob je obzvlášť vhodný pre autonómne zariadenia, kde nie je prístupný zásah človeka, prípadne časová odozva tohto zásahu spôsobí praktickú nepoužiteľnosť tele-operácie. Cieľom však nie je popierať nesporene výhody existujúcich prístupov určených pre odstraňovanie porúch, ale naopak zefektívniť ich funkčnosť pomocou schopnosti generovať nové riešenia.

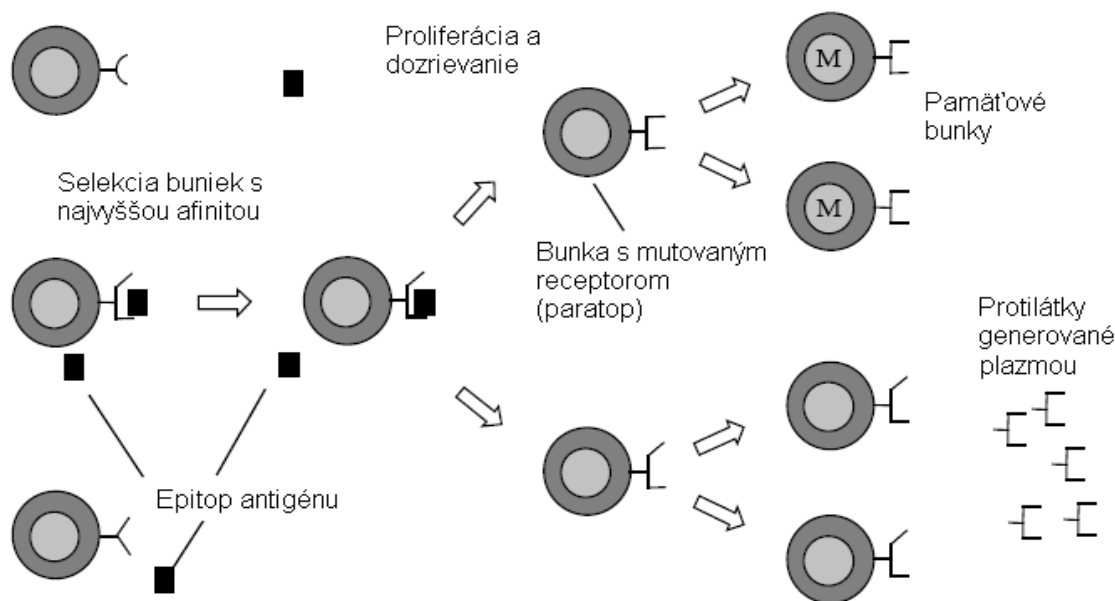
Táto práca ponúka riešenie motivované špecifickou imunitnou odozvou cicavcov, teda algoritmi umelej imunitnej odozvy DE CASTRO (2001).

2 IMUNITNÁ ODOZVA

Živé organizmy na planéte sú denne vystavované vplyvom rôznych patogénov, aby mohli prežiť bolo nutné, aby si vyvinuli počas svojho vývoja prostriedky, ktoré dokážu odvrátiť tieto hrozby. Imunita živých organizmov sa delí na dva typy odoziev:

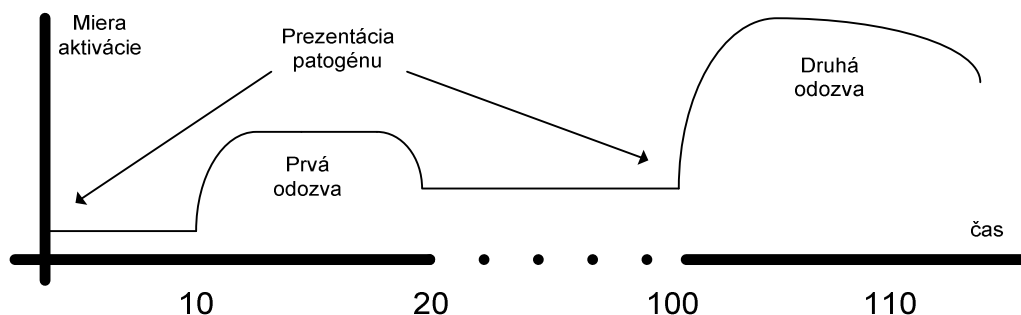
- Nešpecifická imunitná odozva,
 - fyzikálne bariéry - sem patrí hlavne epiderma
 - chemické bariéry - masť kože, kyslosť žalúdočných štiav, enzýmy v slinách a pod.
 - fagocytické bunky, požierače
 - NK bunky, prirodzení zabijaci
- Špecifická imunitná odozva, je založená na skúsenosti organizmu

Práve špecifická imunita a konkrétne teória klonálnej selekcie sa stala základom tejto práce. *Klonálna selekcia* (LEANDRO N. 2001) je proces, kedy sa imunitné bunky pri strete s patogénom pokúšajú prispôbiť tak, aby boli schopné ho eliminovať. Po tejto eliminácii, bunky, ktoré boli najúspešnejšie prežívajú do budúcnosti ako pamäťové bunky (protilátky). Základný princíp klonálnej selekcie je zobrazený na obrázku 1.



Obrázok 1 Aktivácia B-buniek pri kontakte s antigénom

Po kontakte s patogénom sa zo všetkých B-buniek vyberú tie, ktorých afinita s patogénom je najvyššia. Následne nastáva proces proliferácie, kedy bunky prechádzajú mutáciou, ktorá zohľadňuje ich afinitu teda čím je afinita vyššia, tým je pravdepodobnosť mutácie nižšia. Tento proces zapríčini, že v procese proliferácie sa vytvoria bunky, ktorých protilátky sú schopne zastaviť patogén. Následne sa tieto bunky zmenia na pamäťové bunky čo niekoľko krát znásobí ich životnosť a tak pri opätovnom kontakte s daným patogénom nastáva okamžitá reakcia (princíp očkovania). Približnú časovú súradnicu tohto deja zobrazuje obrázok 2.



Obrázok 2: Imunitná odozva

Tento princíp je možné využiť pri vytváraní systému, ktorý je schopný odhaľovať poruchy a následne sa ich pokúšať odstrániť bez zásahu človeka. Ako patogén si treba predstaviť poruchu pričom zásah proti nej prezentuje B-bunka. Umelé imunitné systémy združujú viacero algoritmov, ktoré sú motivované imunitným systémom. Do tejto skupiny patrí aj algoritmus CLONALG (LEANDRO N. 2001), ktorý je základným princípom fungovania navrhovaného agentového systému. Algoritmus CLONALG sa dá zapísať nasledovne :

Hrubými písmenami sú zvýraznené prvky reprezentujúce maticu a hrubými písmenami so sklonom (*italic*) sú popísané vektory. S reprezentuje tvar a veľkosť matíc v priestore

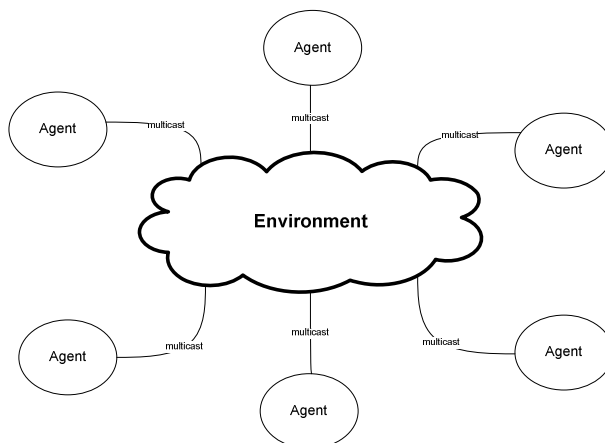
- **Ab** matica reprezentujúca množinu b-buniek ($\mathbf{Ab} \in S^{N \times L}$,
 $\mathbf{Ab} = \mathbf{Ab}_{\{r\}} \cup \mathbf{Ab}_{\{m\}}$)
- **Ab_{m}** pamäť systému reprezentovaná pamäťovými bunkami
 $(\mathbf{Ab}_{\{m\}} \in S^{m \times L}, m \leq N)$
- **Ab_{r}** zvyšne b-bunky ($\mathbf{Ab}_{\{r\}} \in S^{r \times L}, r = N - m$)
- **Ag_{M}** reprezentuje populáciu antigénu (patogén), ktorú sa snažíme rozpoznať
 $(\mathbf{Ag}_{\{M\}} \in S^{M \times L})$
- **f_j** vektor vyjadrujúci afinitu všetkých b-buniek a prezentovaného antigénu **Ag_j**
- **Ab_{n}^j** reprezentuje n buniek z **Ab** s najväčšou afinitou k **Ag_j** ($\mathbf{Ab}_{\{n\}}^j \in S^{n \times L}$,
 $n \leq N$)
- **C^j** populácia N_c klonov generovaných z **Ab_{n}^j** ($\mathbf{C}^j \in S^{N_c \times L}$)
- **C^{j*}** populácia po aplikovaní hypermutácie na maticu **C^j**
- **Ab_{d}** množina b-buniek určená na náhradu buniek z najnižšou afinitou o počte d množiny **Ab_{r}** ($\mathbf{Ab}_{\{d\}} \in S^{d \times L}, d \leq r$)
- **Ab_j^{*}** kandidát na pamäťové bunky z **C^{j*}**

V tomto prípade sa algoritmus pokúša naučiť rozpoznať vzory, ktoré sú mu prezentované vo forme antigénu **Ag**. Výsledkom je množina pamäťových buniek **Ab_{m}** pre každý rozpoznávaný antigén.

1. náhodne sa vyberie antigén Ag_j a prezentuje sa všetkým b-bunkam z matice Ab
2. vypočíta sa vektor afinity medzi Ag_j a všetkými prvkami z matice Ab
3. vyberie sa n prvkov z matice Ab s najväčšou afinitou a vytvorí sa z nich matica $Ab_{\{n\}}^j$, ktorá sa viaže k antigénu Ag_j
4. všetky bunky patriace do $Ab_{\{n\}}^j$ prejdú procesom klonovania, ktorý je závislý od ich afinity k antigénu Ag_j . Čím je afinita bunky väčšia tým je počet klonov z nej vytvorených väčší. Klony sú uložené do matice C^j
5. na množinu C^j je aplikovaný operátor mutácie (dozrievanie), kedy miera mutácie je podmienená mierou afinity daného klonu k prezentovanému antigénu Ag_j . Platí, že čím je väčšia afinita tým je menšia miera mutácie.
6. výpočet afinity f_j^* nových prvkov získaných po mutácii (dozrievaní)
7. výber prvku Ab_j^* z najväčšou afinitou k antigénu Ag_j z matice C^{j*} . Tento prvok sa stáva kandidátom pre umiestnenie do matice pamäťových buniek. V prípade ak je afinita Ab_j^* väčšia ako afinita pamäťovej bunky pre príslušný antigén Ag_j potom je bunka Ab_j^* prehlásená za pamäťovú bunku a uložená do množiny $Ab_{\{m\}}$
8. náhrada d prvkov s najnižšou afinitou z $Ab_{\{r\}}$

3 NAVRHOVANÝ SYSTÉM

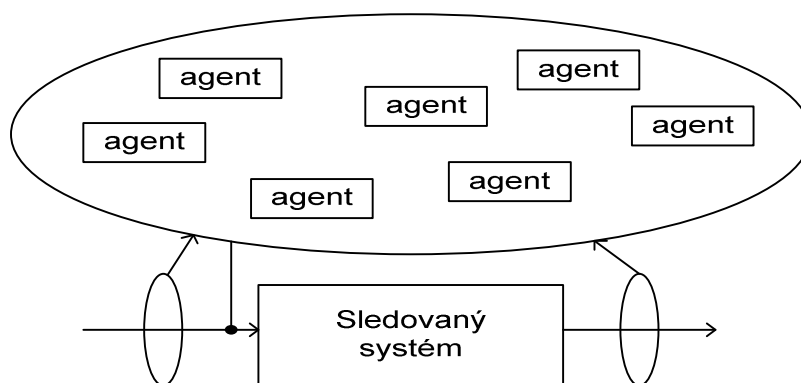
Multi-agentový systém MAS je založený na reaktívnych agentoch (BROOKS R. 1991), (KUBÍK, A. 2001). Každý reaktívny agent v systéme reprezentuje B-bunku. Komunikácia medzi agentmi prebieha nepriamo skrze prostredie. Tento spôsob komunikácie umožňuje zabezpečiť funkčnosť MAS aj v prípade, že niektorý z agentov zlyhá. Agenti komunikujú prostredníctvom protokolu multicast UDP.



Obrázok 3 Agentový systém

Tento spôsob umožňuje efektívnu komunikáciu bez akýchkoľvek mediátorov. Každý agent v systéme má rovnakú štruktúru, líši sa len aktuálnymi hodnotami premenných. Celý systém je navrhnutý, tak aby bol schopný pokračovať vo svojej činnosti aj po zlyhaní niektorého z agentov.

Takto zostavený MAS, je možné zapojiť do systému, ktorého chod chceme sledovať. MAS sa pripojí na sledovaný systém tak, aby bol schopný sledovať všetky vstupy a výstupy z daného objektu (obrázok 4). Systém, ktorý je takto monitorovaný sa uvedie do chodu, pričom je nutné zaručiť aby počas inicializácie MAS, nebol sledovaný systém ovplyvňovaný žiadnou poruchou. Nastáva fáza, kedy chovanie systému je prehlásené za bezchybové a agentový systém zaznamenáva všetky stavy vstupného a výstupného vektora. MAS si vytvorí referenčné množiny (prvý agent prehlásený za pamäťovú bunku), ktoré popisujú bezchybové chovanie systému. V prípade, ak zariadenie produkuje inú kombináciu stavov, než aká je vo forme pamäťovej B-bunky uložená v MAS, je toto chovanie prehlásené za zlyhanie. Následne sa porovná súčasný stav zariadenia s predošlými poruchami (porovnávajú sa všetky pamäťové B-bunky) a v prípade, že sa nájde zhoda (daná porucha už bola v minulosti prezentovaná systému), použije sa už existujúci zásah na odstránenie chyby (princíp očkovania). Ak daný zásah neexistuje, agenti sa pomocou princípov klonálnej selekcie pokúšajú nájsť riešenie. Po jeho nájdení sa riešenie zaraďuje do pamäte systému pre ďalšie využitie.



Obrázok 4: Navrhovaný systém

4 ZHODNOTENIE

Navrhovaný systém je veľmi odolný voči vlastnému zlyhaniu, vďaka reaktívnej povahe agentov a vďaka spôsobu komunikácie. Pri zlyhaní, ktoréhokoľvek agenta systém naďalej pokračuje vo svojej činnosti. Riešenia, ktoré MAS hľadá nemusia byť vždy nájdené. Súvisí to s povahou poruchy, ktorá vyvolala zlyhanie, ale aj s princípom proliferácie, ktorý je základom pri generovaní nových riešení. Prípady kedy sa povaha poruchy mení tak rýchlo, že systém nie je schopný sa prispôbovať, prípadne keď zlyhanie je tak komplexné, že riešenie ani nejestvuje, systém nebude schopný vplyv poruchy eliminovať. Napriek tomu je tento systém schopný nachádzať riešenia vopred nedefinovaných problémov, a tak pomôcť udržať v chode autonómne zariadenie.

5 POĎAKOVANIE

Práca vznikla za podpory projektu OptiMAT, APVV VSMP 0168-09

REFERENCIE

- BROOKS R.. (1991): *Intelligence Without Representation*. Jurnal Artificial Intelligence volume 47:139-159.
- DE CASTRO, L.N., TIMMIS, J(2002): *Artificial Immune Systems: A New Computational Intelligence Approach*. Springer-Verlag 2002
- KUBÍK, A. (2001): *Intelligentní agenty*, Computer press Brno 2001, ISBN 80-251-0323-4
- LEANDRO N. DE CASTRO AND FERNANDO J. VON ZUBEN (2002): Learning and Optimization Using the Clonal Selection Principle, *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, special Issue on Artificial Immune Systems, vol. 6, pp. 239- 251