

PROSTŘEDKY PRO PODPORU VZDĚLÁVÁNÍ V OBLASTI BIOLOGIÍ INSPIROVANÝCH VÝPOČETNÍCH SYSTÉMŮ

M. Bidlo (bidlom@fit.vutbr.cz), L. Sekanina (sekanina@fit.vutbr.cz)

Fakulta informačních technologií, Vysoké učení technické v Brně

Božetěchova 2, 612 66 Brno, Česká republika

1 Úvod

V posledních několika letech se pro řešení náročných vědeckých a inženýrských problémů stále více prosazují různé netradiční výpočetní techniky. Typickými příklady takovýchto metod jsou biologií inspirované algoritmy založené zejména na principech *fylogeneze* (evoluce druhu v čase), *ontogeneze* (vývoj mnohobuněčného organismu ze zárodečné buňky) a *epigeneze* (proces zahrnující primárně nervový, imunitní a endokrinní systém, umožňující výraznější interakci organismu s okolním prostředím). *Evoluční algoritmy* [3], *celulární automaty* [4], nebo *neuronové sítě* [2] představují konkrétní výpočetní modely inspirované uvedenými principy biologie. Tyto techniky tvoří spolu s dalšími relativně novými podobor informatiky, který bývá označován jako *výpočetní inteligence* nebo také *soft computing*.

S rozvojem moderních výpočetních architektur bývají tyto systémy stále častěji implementovány přímo technickými prostředky jako jednoúčelové aplikace (namísto programových simulátorů provozovaných na univerzálním počítači), což má za následek výrazné urychlení výpočetního procesu. Využitím netradičních výpočetních principů v kombinaci s moderními výpočetními architekturami bylo v uplynulých letech dosaženo zajímavých výsledků v různých oborech, které jsou v mnoha ohledech dokonalejší než nejlepší dosud známá řešení vytvořená člověkem (viz WWW mezinárodní soutěže zabývající se touto problematikou: <http://www.human-competitive.org/>).

Vysoké školství v České republice zatím zcela postrádá nabídku vzdělávacích kurzů v této specifické oblasti ve svých studijních programech. Fakulta informačních technologií Vysokého učení technického v Brně je snad jediným pracovištěm, které se intenzívně zabývá výzkumem netradičních výpočetních technik v kombinaci s pokročilými architekturami vhodnými pro jejich implementaci. Navíc již delší dobu nabízí kurzy zabývající se aplikací evolučních algoritmů a to jak na úrovni bakalářského a magisterského studijního programu, tak i na úrovni programu doktorského.

Cílem tohoto příspěvku je seznámení s interaktivním výukovým systémem pro simulaci vývoje celulárních automatů, který bude nasazen ve výuce nového kurzu *Biologií inspirované počítače* zavedeného na FIT VUT v Brně v rámci rozvoje vzdělávací činnosti a rozšiřování nabídky předmětů týkajících se perspektivních vědních odvětví.

2 Celulární automaty

Celulární automaty (CA) původně zavedli Ulam a von Neumann ve čtyřicátých letech minulého století jako formální model pro vyšetřování chování složitých systémů [4]. CA jsou dynamické systémy tvořené diskretní soustavou buněk, z nichž každá se v daný moment může nacházet v jednom stavu z konečné množiny stavů. Stav buněk jsou aktualizovány synchronně v diskretních časových krocích v závislosti na *lokálním přechodovém pravidle* obsaženém v každé buňce, které je obvykle specifikováno tabulkou přechodů udávající následující stav buňky pro všechny možné kombinace stavů buněk v definovaném sousedství dané buňky. Nejčastěji používané jsou jednorozměrné CA (1D, lineární uspořádání bu-

něk) a dvourozměrné CA (2D, uspořádání buněk ve tvaru pravidelné mřížky). *Sousedství* buňky sestává z buněk obklopujících danou buňku a této buňky samotné. V případě jednorozměrného CA tvoří buněčné sousedství r buněk obklopujících danou buňku z každé strany, včetně buňky samotné. Parametr r se nazývá *rádius*. Dvourozměrné CA používají nejčastěji (1) Mooreovo sousedství (zahrnuje buňky bezprostředně obklopující danou buňku ve směru vodorovném, svislém a na obou diagonálách a buňku samotnou) a (2) von Neumannovo sousedství (zahrnuje buňky bezprostředně obklopující danou buňku ve vodorovném a svislém směru a buňku samotnou). V obou těchto případech je též možné stanovit rádius udávající rozsah buněk v sousedství vzhledem k vyšetřované buňce. Pro konečný počet buněk celulárního automatu je nutné zavést tzv. *okrajové podmínky*, které specifikují zbývající sousedy buněk na hranici celulární struktury. Nejčastěji používané jsou okrajové podmínky (1) *konstantní*, kdy je pomyslným sousedům buněk za hranicí struktury přiřazen některý stav z množiny stavů CA a (2) *cyklické*, kdy jsou protilehlé buňky na hranici celulární struktury pomyslně „propojeny“ a považovány za sousední. Obsahují-li všechny buňky CA shodná lokální přechodová pravidla, nazývá se takový CA *uniformní*, v opačném případě se nazývá *neuniformní* nebo *hybridní*.

3 CAsim: výukový systém celulárních automatů

Na základě popisu principů celulárních automatů uvedeného v předcházející sekci byl vyvinut interaktivní výukový systém umožňující simulaci libovolných jednorozměrných a dvourozměrných celulárních automatů. Aplikace je vybavena grafickým rozhraním pro snadnou obsluhu a názorný výstup demonstrující vývoj konkrétního CA. Pro implementaci bylo zvoleno multiplatformní prostředí programovacího jazyka Java.

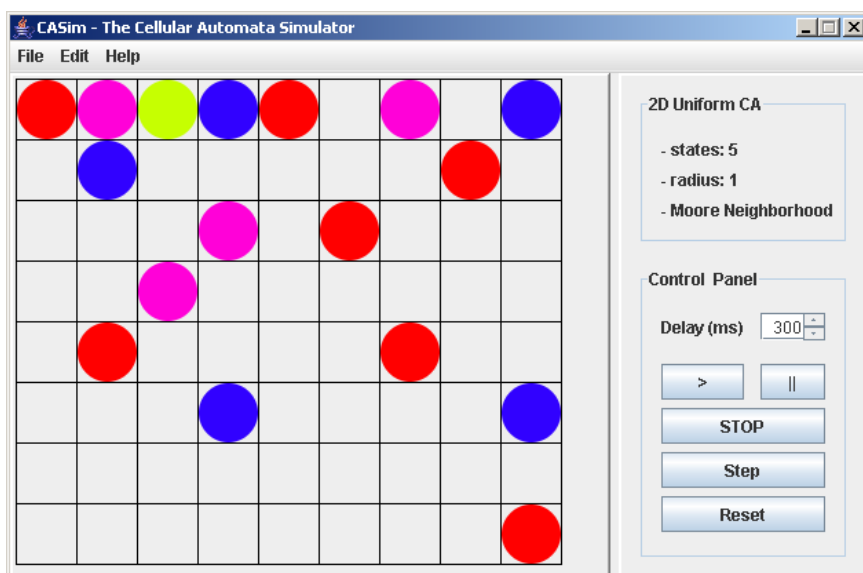
Po spuštění aplikace vytvoří uživatel prostřednictvím speciálního grafického průvodce celulární automat s požadovanými vlastnostmi. Tento průvodce umožňuje specifikovat veškeré parametry CA uvedené v sekci 2. Tyto parametry zahrnují:

- rozměr CA (jednorozměrný/dvourozměrný),
- počet možných stavů buněk,
- typ okrajových podmínek (konstantní/cyklické),
- rádius a v případě 2D CA typ sousedství (Mooreovo/von Neumannovo),
- počáteční stav buněk a lokální přechodové pravidlo.

Zadáním těchto parametrů v průvodci CA je vytvořen uniformní celulární automat, tj. uvedené lokální přechodové pravidlo je zařazeno do všech buněk. Po ukončení průvodce je možné myší zvolit libovolné buňky na vykreslené struktuře automatu, změnit jejich počáteční stav, případně lokální přechodová pravidla a transformovat tak uniformní CA na hybridní. V průvodci se tedy zadává počáteční stav buněk a lokální přechodové pravidlo, které je v daném CA nejčtenější. Odlišná přechodová pravidla (v případě neuniformního CA) a počáteční stavy se poté specifikují pro konkrétní buňky změnou původního zadání.

Po vytvoření celulárního automatu lze spustit simulaci jeho vývoje. Stav jednotlivých buněk jsou reprezentovány barvami. Vývoj může probíhat po jednom kroku nebo v pravidelných časových intervalech specifikovaných uživatelem. Simulaci lze zpomalit, urychlit, pozastavit nebo vrátit do počátečního stavu. Vzhled systému ukazují obrázky 1.

Mimo tento softwarový simulátor probíhá také příprava hardwarové realizace celulárních automatů v kombinaci s evolučním algoritmem pro demonstraci praktických aplikací



Obrázek 1: Vzhled aplikace pro demonstraci celulárních automatů

evolučního návrhu. Celulární automaty byly v nedávné době úspěšně využity pro návrh číslicových obvodů [1]. K implementaci tohoto systému bude využito speciální zařízení, tzv. *FITkit* (viz <http://www.fit.vutbr.cz/kit>), vyvinuté v rámci jiného projektu na FIT VUT v Brně ve spolupráci se společností Camea s.r.o. (<http://www.camea.cz>). FITkit je určen zejména pro studenty bakalářského a magisterského studia jako praktická pomůcka pro výuku hardwaru v příbuzných kurzech. Student tak bude mít možnost seznámit se prakticky přímo s hardwarovou realizací různých biologii inspirovaných výpočetních technik a ověřit tak jejich funkčnost jak ve školních tak i v domácích podmínkách.

4 Závěr

V příspěvku byl představen vizuální výukový systém biologii inspirovaného modelu – celulárních automatů a nastíněna myšlenka hardwarové realizace. V zájmu rozvoje výuky biologii inspirovaných technik jsou vyvíjeny další pomůcky týkající se demonstrace principů z této oblasti, např. vyvíjející se obvody, kartézské genetické programování, polymorfni obvody a jiné.

Poděkování

Projekt je podporován Fondem rozvoje vysokých škol, veden pod č. FR825/2006/G1 a Grantovou agenturou České republiky pod č. GD102/05/H050.

Literatura

- [1] Bidlo, M.: Generování grafů celulárními automaty [Technická zpráva]. Ústav počítačových systémů FIT VUT v Brně, 2005
- [2] Novák, M. a kol.: Umělé neuronové sítě. C. H. Beck, Praha, 1998
- [3] Kvasnička, V. a kol.: Evolučné algoritmy. STU, Bratislava, 2000
- [4] The Theory of Self-Reproducing Automata. University of Illinois Press, 1966