

Biologicky motivované výpočtové modely

Michal Kováč

FMFI UK

24.6.2013

- 1 Prehľad problematiky
 - Prehľad modelov
 - P systémy
 - Varianty

- 2 Plány na dizertačnú prácu
 - Aktuálne riešené problémy
 - Ďalšie plány

Biologicky motivované výpočtové modely

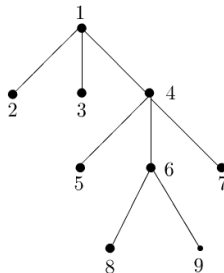
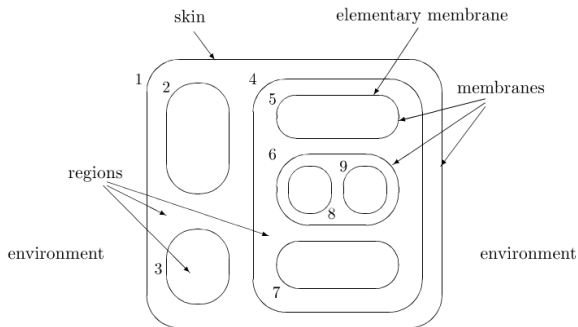
Modely vznikajú s dvoma účelmi:

- simulácia biologických javov
- zdokonalenie informatických riešení

Biologicky motivované výpočtové modely

- Neurónové siete (od 1943)
- Celulárne automaty (od 1948)
- Evolučné algoritmy (od 1954)
- L systémy (od 1968)
- P systémy (od 1998) [Păun, 1998]
- ...

Membránová štruktúra



Obsah membrány

- multimnožina objektov
 - $a \mid b \mid b$
- prepisovacie pravidlá
 - $a \mid b \mid b \rightarrow a \mid a_{out} \mid b_{in_6}$
 - $b \rightarrow a \mid \delta$

P systém

P systém definujeme ako

$\Pi = (V, \mu, w_1, w_2, \dots, w_m, R_1, R_2, \dots, R_m)$, kde:

- V je abeceda objektov
- μ je membránová štruktúra
- w_1, w_2, \dots, w_m sú počiatočné multimnožiny v membránach $1 \dots m$, $w_i \subseteq \mathbb{N}^V$
- R_1, R_2, \dots, R_m sú množiny prepisovacích pravidiel v membránach $1 \dots m$, pričom

$$R_i \subseteq (\mathbb{N}^V \setminus 0^V) \times \mathbb{N}^{V \times (\{here, out\} \cup \{in_1, \dots, in_m\})}$$

.

Konfigurácia a krok výpočtu

- konfigurácia = membránová štruktúra + obsahy membrán
- krok výpočtu: maximálny paralelizmus

Konfigurácia a krok výpočtu

- konfigurácia = membránová štruktúra + obsahy membrán
- krok výpočtu: maximálny paralelizmus

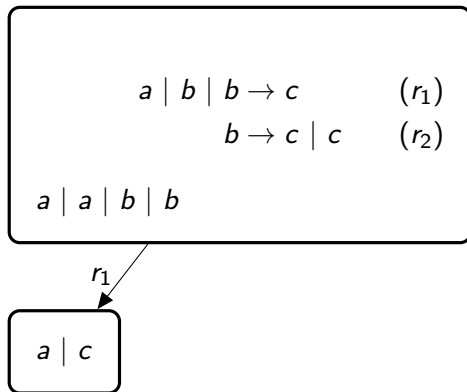
$$a \mid b \mid b \rightarrow c \quad (r_1)$$

$$b \rightarrow c \mid c \quad (r_2)$$

$$a \mid a \mid b \mid b$$

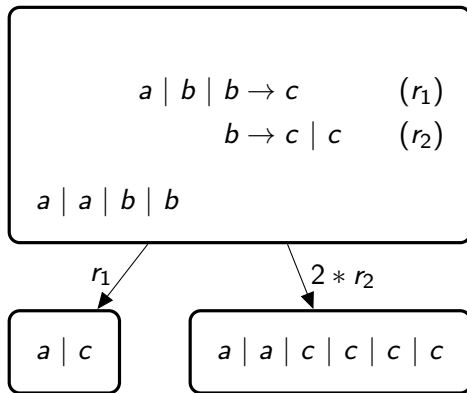
Konfigurácia a krok výpočtu

- konfigurácia = membránová štruktúra + obsahy membrán
- krok výpočtu: maximálny paralelizmus



Konfigurácia a krok výpočtu

- konfigurácia = membránová štruktúra + obsahy membrán
- krok výpočtu: maximálny paralelizmus



Jazyk

- výsledok výpočtu je multimnožina objektov, ktorá:
 - počas výpočtu prešla cez vonkajšiu membránu
 - na konci ostane v špecifickej membráne
- generatívny vs akceptačný mód
- Parikhovo zobrazenie: PsRE

Varianty objektov

- worm objects [Maté et al., 2002]
 - namiesto multimnožín objektov sú v membránach multimnožiny stringov (\mathbb{N}^{V^*})
 - inšpirované DNA

Varianty pravidiel

- kontextové (PsRE)
- kooperatívne (PsRE) [Păun, 1998]
- katalytické
 - s 2 katalyzátormi (PsRE) [Freund et al., 2005]
 - s 1 katalyzátorom (otvorený problem)
 - s 1 katalyzátorom a inhibítormi (PsRE)
[Ionescu and Sburlan, 2004]
- bezkontextové (PsCF) [Sburlan, 2005]
- bezkontextové s inhibítormi (PsETOL)
[Ionescu and Sburlan, 2004]

Varianty kroku výpočtu

- maximálny paralelizmus (PsRE)
- sekvenčný (vieme simulovať pomocou VASS, [Ibarra et al., 2005])
- asynchrónny (väčšinou \sim sekvenčný) [Freund, 2005]
- minimálny paralelizmus (PsRE) [Ciobanu et al., 2007]

Aktuálne riešené problémy

- maximálny paralelizmus je veľmi silná featura...
- ako sa dá rozšíriť sekvenčný mód?
- na univerzalitu treba:
 - pravidlá s prioritami [Ibarra et al., 2005]
 - povoliť neobmedzené vytváranie membrán [Ibarra et al., 2005]
 - **inhibítory [Kováč, 2013, submitted]**
 - iné rozšírenia (pravidlá s detekciu prázdnych membrán, ...)
 - inšpirácie z výsledkov iných formalizmov

Ďalšie plány

- Preskúmať možnosti kombinovania ďalších variantov P systémov z hľadiska výpočtovej sily
 - rozpadajúce sa objekty
 - energie
 - symport / antiport
 - priestorové P systémy
 - ...

Nové varianty

- Nájsť nové varianty
- Besozzi [Besozzi, 2004]: Dobrý variant by mal byť:
 - realistický
 - univerzálny
 - iredundantný

Inšpirácie z výsledkov iných formalizmov

- Petriho siete
 - nie sú univerzálne
 - s inhibítormi áno
 - iné rozšírenia Petriho sietí
- CLS (Calculi of Looping Sequences)
 - sekvenčný model, vie simulovať P systémy [Barbuti et al., 2007]
- reaction systems [Rozenberg, 2007]

Literatúra I



Barbuti, R., Milazzo, P., and Troina, A. (2007).

The calculus of looping sequences for modeling biological membranes.

In 8th Workshop on Membrane Computing (WMC8), LNCS 4860, pages 54–76. Springer.



Besozzi, D. (2004).

Computational and modelling power of P systems.

PhD thesis, Universita' degli Studi di Milano, Milano, Italy.



Ciobanu, G., Pan, L., Pun, G., and Pérez-Jiménez, M. J. (2007).

P systems with minimal parallelism.

Theor. Comput. Sci., 378(1):117–130.

Literatúra II



Freund, R. (2005).

Asynchronous p systems and p systems working in the sequential mode.

In Proceedings of the 5th international conference on Membrane Computing, WMC'04, pages 36–62, Berlin, Heidelberg. Springer-Verlag.



Freund, R., Kari, L., Oswald, M., and Sosík, P. (2005).

Computationally universal p systems without priorities: two catalysts are sufficient.

Theoretical Computer Science, 330(2):251 – 266.

Descriptive Complexity of Formal Systems.

Literatúra III



Ibarra, O. H., Woodworth, S., Yen, H.-C., and Dang, Z.
(2005).

On sequential and 1-deterministic p systems.

In *Proceedings of the 11th annual international conference on Computing and Combinatorics, COCOON'05*, pages 905–914, Berlin, Heidelberg. Springer-Verlag.



Ionescu, M. and Sburlan, D. (2004).

On p systems with promoters/inhibitors.

Journal of Universal Computer Science, 10(5):581–599.



Kováč (2013).

Inhibiting the parallelism in p systems.

In *2nd International Workshop on Hybrid Systems and Biology*.

Literatúra IV



Maté, J. L., Rodríguez-Patón, A., and Silva, A. (2002).
On the power of p systems with dna-worm-objects.
Fundam. Inf., 49(1):229–239.



Păun, G. (1998).
Computing with membranes.
Technical Report 208, Turku Center for Computer
Science-TUCS.
(www.tucs.fi).



Sburlan, D. (2005).
Promoting and Inhibiting Contexts in Membrane Computing.
PhD thesis, University of Seville.

Ďakujem za pozornosť