

Evolving Complete Agents using Artificial Ontogeny

Josh C. Bongard, Rolf Pfeifer

Michiel Holtkamp Roderik Emmerink Lude Feldbrugge
Heiko Harders

Rijksuniversiteit Groningen

Presentatie voor Autonome Systemen 2005



RuG

Inhoud

- 1 Introductie
- 2 Het model
 - Morfologie van de agent
 - Differentiële genexpressies
 - Neurale groei
- 3 Resulten en analyse
- 4 Discussie
- 5 Conclusies en verder onderzoek



Introductie

Kunstmatige Ontogenese

Systeem dat zich ontwikkelt middels het principe van ontogenese.

- Ontogenese: De ontwikkeling van een organisme van eicel tot geslachtsrijp volwassen individu.
- Tijdens de ontogenese ontwikkelt zich het fenotype (uiterlijke verschijningsvorm) onder controle van het genotype (genetische constitutie) en onder voortdurende beïnvloeding door de omgeving.

Het systeem verenigt:

- 1 morfologische eigenschappen
- 2 neurale werking
- 3 interactie met de omgeving



Introductie

Het verleden

- Overvloedig aandacht voor de neurale werking.
- Technologische beperkingen m.b.t. onderzoek morfologische effecten.
- Beschikbaarheid computationele kracht voor een simulatie in een fysisch-realistisch landschap van zowel de morfologie alsook het neurale netwerk te evalueren.



Het model

- gebaseerd op artificiële ontogenese.
 - lineair genotype → compleet fenotype.

fenotype bestaat uit:

- sensoren
- aangedreven of passieve ledematen
- interne neurale architectuur



Inhoud

- 1 Introductie
- 2 **Het model**
 - Morfologie van de agent
 - Differentiële genexpressies
 - Neurale groei
- 3 Resulten en analyse
- 4 Discussie
- 5 Conclusies en verder onderzoek



Morfologie van de agent

Opbouw

- Opgebouwd uit bollen (geen botsingen)
- Harde verbindingen.
- Groei tot maximaal 2 keer de straal, daarna splitsing.



Morfologie van de agent

Iedere structuureenheid bevat:

- 0 tot 6 stijfe verbindingen dat het met zijn aanliggende eenheden verbindt.
- een kopie van het genoom benodigd voor de ontwikkeling van de agent.
- en 6 expansiepunten (diffusion sites) ieder in een windrichting (incl boven en onder).



Morfologie van de agent

- Binding neuronen in expansiepunt aan ander expansiepunt binnen eenheid of aan andere neuronen aan expansiepunt aanliggende eenheid.
- Nieuw structuurelement heeft verbinding met ouder via 1 van de 6 expansiepunten (boven, onder, N, O, Z, W).
- Eenheid bindt aan expansiepunt met sterkste groei-genproduct.
- Aan het einde van een verbinding ontstaat een draaipunt dat tussen $-\frac{\pi}{2}$ en $\frac{\pi}{2}$ kan draaien.
- Het gedrag van de agent is afhankelijk van de propagatie van sensorische informatie door het neurale netwerk naar de motorische neuronen die de roterende verbindingen aansturen.



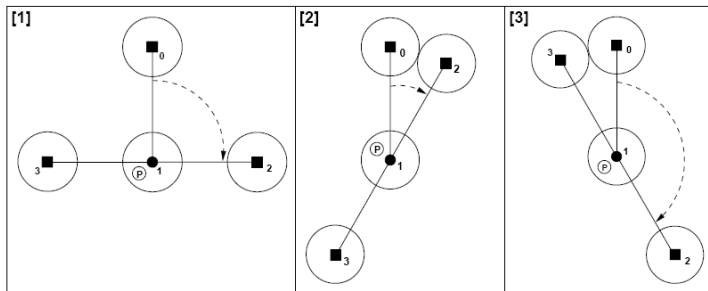
Sensoren

- tastsensoren [1:doel of grond, -1]
- proprioceptie-sensoren [-1...1: hoek vd joint]
- lichtsensoren [-1...1: afstand sensor en afstand doelobject]



Morfologie van de agent

Illustratie

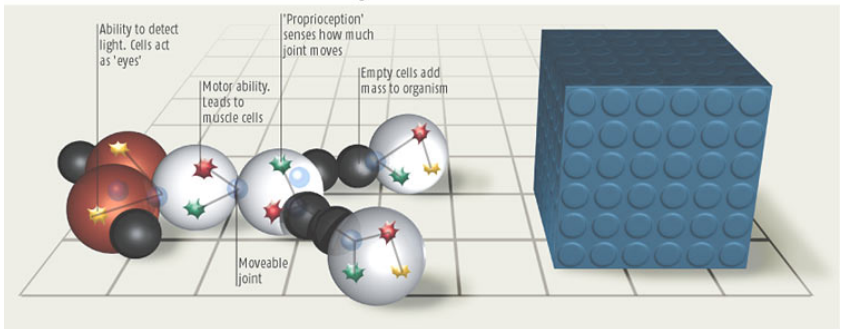


Morfologie van de agent

Illustratie

ANATOMY OF A VIRTUAL CREATURE

How cells with different senses combine to make an artificial organism



Inhoud

- 1 Introductie
- 2 **Het model**
 - Morfologie van de agent
 - **Differentiële genexpressies**
 - Neurale groei
- 3 Resulten en analyse
- 4 Discussie
- 5 Conclusies en verder onderzoek



Differentiële genexpressies

Een genetisch (floating-point-waarde) algoritme van variabele lengte wordt gebruikt. De genomen hebben initieel 100 floating-point waarden die aselekt tussen 0.00 en 1.00 gekozen zijn. Ieder genoom wordt, om geëvalueerd te worden in de populatie, gekopieerd in een enkele structuureenheid waaruit een volgroeide agent kan ontstaan. Wanneer de agent groeit door het splitsen van structuureenheden kunnen de genen genproducten verspreiden naar naburige expansiepunten en naar naburige structuureenheden.



Inhoud

- 1 Introductie
- 2 Het model**
 - Morfologie van de agent
 - Differentiële genexpressies
 - Neurale groei**
- 3 Resulten en analyse
- 4 Discussie
- 5 Conclusies en verder onderzoek



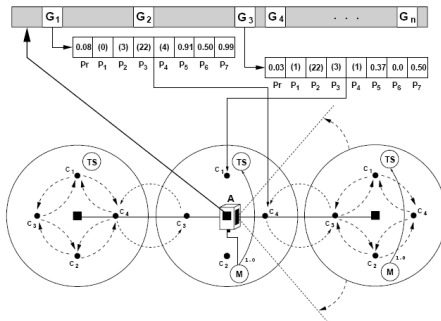
Neurale groei

- cellular encoding



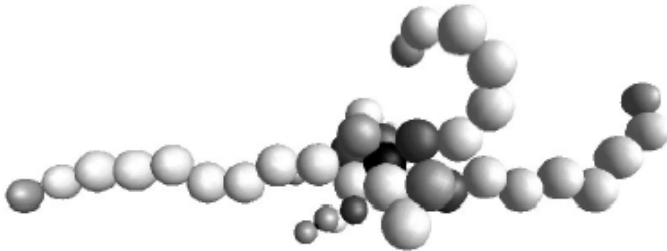
Ontogenetische interactie

Illustratie



Animatie block pushing

Enkele filmpjes van block-pushing agents volgens dit principe.



I



RuG

Groei

Voor elke agent:

- *development phase*: 300 tijdstappen
- *operation phase*: 1000 tijdstappen
- ruis
- fitness op basis van afgelegde afstand (niet op soort van voortbeweging)
- negen keer herhaald, daarna gemiddeld



Evolutie

Voor elke evolutie:

- generaties: 200
- populatie: 200
- mutaties bij elke generatiewisseling
- onafhankelijke evoluties: 10



Taken

Twee verschillende taken

- voortbewegen naar een doel
- *block pushing*



Resultaten

- mutaties aan het begin, veel variatie (morfologie, gedrag)
- voortbewegingsopdracht: lange uitgestrekte vormen
- block pushing: grotere vormen, specialisatie



Discussie

- morfologie afhankelijk van de taak
- correlatie morfologie/gedrag?
- ontogenetische ontwikkeling beter dan parametric encoding?
- recursieve lichaamsstructuren



Vragen

?



RuG