

Inteligência Artificial

Equipe

Marcos Oliveira

Arylan Santos

Matheus Paixao

Evolving Virtual Creatures

Karl Sims

Thinking Machines Corporation
245 First Street, Cambridge, MA 02142

Figure 1:

Abstract

Abstract

This paper describes a novel system for creating virtual creatures that move and behave in simulated three-dimensional physical worlds. The morphologies of creatures and the neural systems for controlling their muscle forces are both generated automatically using genetic algorithms. Different fitness evaluation functions are used to direct simulated evolutions towards specific behaviors such as swimming, walking, jumping, and following.

A genetic language is presented that uses nodes and connections as its primitive elements to represent directed graphs, which are used to describe both the morphology and the neural circuitry of these creatures. This genetic language defines a hyperspace containing an indefinite number of possible creatures with behaviors, and when it is searched using optimization techniques, a variety of successful and interesting locomotion strategies emerge, some of which would be difficult to invent or build by design.

Introdução

- ▶ Trade-off da animação gráfica
 - ▶ complexidade x controle
 - ▶ controle de movimento x simulação dinâmica
- ▶ Métodos foram desenvolvidos para:
 - ▶ rastejar
 - ▶ McKenna, M., and Zeltzer, D., "Dynamic Simulation of Autonomous Legged Locomotion," Computer Graphics, Vol.24, No.4, July 1990, pp.29-38.
 - ▶ andar
 - ▶ Miller, G., "The Motion Dynamics of Snakes and Worms," Computer Graphics, Vol.22, No.4, July 1988, pp.169-178.
 - ▶ correr
 - ▶ Raibert, M., and Hodgins, J.K., "Animation of Dynamic Legged Locomotion," Computer Graphics, Vol.25, No.4, July 1991, pp.349-358.
- ▶ Novo comportamento -> novo algoritmo

Introdução (continuação)

- ▶ Algoritmos Genéticos usados em problemas de otimização
- ▶ Algoritmos Genéticos podem ser usados para gerar entidades virtuais sem conhecer os parâmetros e procedimentos usados para criar estas entidades
- ▶ fitness podem ser gerados automaticamente ou informado pelo usuário
- ▶ Iterativas evoluções pode gerar como resultados indivíduos mais adaptados
- ▶ Automatização da criação compensa a perda de controle

Posição do artigo em relação a outros trabalhos

- ▶ Trabalhos citados no artigo em que são feitas comparações
 - ▶ de Garis, H., "Genetic Programming: Building Artificial Nervous Systems Using Genetically Programmed Neural Network Modules," Proceedings of the 7th International Conference on Machine Learning, 1990, pp.132-139.
 - ▶ Ngo, J.T., and Marks, J., "Spacetime Constraints Revisited," Computer Graphics, Annual Conference Series, 1993, pp.343-350.
 - ▶ van de Panne, M., and Fiume, E., "Sensor-Actuator Networks," Computer Graphics, Annual Conference Series, 1993, pp.335-342.
- ▶ Os metodos acima conseguiram bons resultados em ambiente 2D

Posição do artigo em relação a outros trabalhos (Continuação)

- ▶ Nos trabalhos acima foram gerados sistemas de controle em estrutura fixas desenhadas pelo usuário
- ▶ Neste artigo temos:
 - ▶ estrutura morfológica quanto a estrutura de controle evoluem
 - ▶ os corpos das criaturas são tridimensionais e baseados na física
 - ▶ as estruturas físicas das criaturas podem se adaptar aos sistemas de controle e vice-versa
 - ▶ “O sistema nervoso” da criatura também é produto da otimização (nodes, conexões e funções de cada neural node)
 - ▶ Não há a necessidade de informar informações específicas da criatura

Morfologia das Criaturas

Genotype: directed graph.

Phenotype: hierarchy of 3D parts.

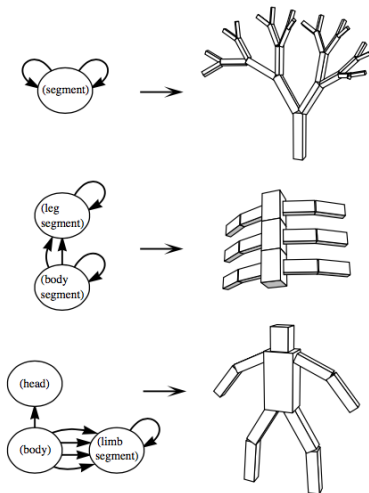


Figure 1: Designed examples of genotype graphs and corresponding creature morphologies.

Figure 3:

Morfologia das Criaturas (Continuação)

- ▶ Cada node descreve:
 - ▶ tipo de junção: rígida, revolute, torção, universal, esférica
 - ▶ limite de recursão
 - ▶ um conjunto de neurônios locais
- ▶ Conexões:
 - ▶ posição, orientação, escala e reflexão

Controle das criaturas

- ▶ Uma cérebro virtual determina o comportamento das criaturas
- ▶ Sistemas dinâmico que aceita valores de entrada de sensores e envia respostas para atuadores
- ▶ Sensores, atuadores e neurônio internos são apresentados por variáveis escalares contínuas que podem ser positivos ou negativos que podem representas puxar ou empurrar.

Controle das Criaturas (Continuação)

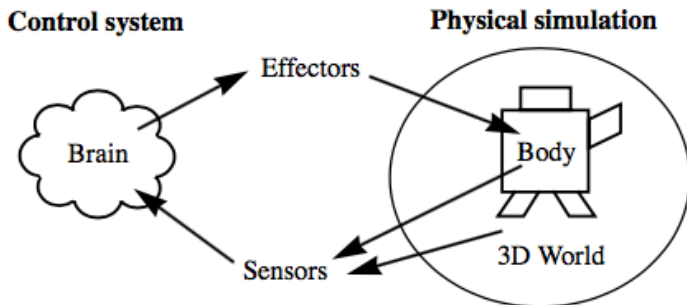


Figure 2: The cycle of effects between brain, body and world.

Figure 4:

Sensores

- ▶ Sensores de angulos das juntas
- ▶ Sensores de contato
- ▶ Fotosensores
- ▶ Outros sensores não usados neste artigo: acelerômetros, de som e cheiro.

Neurônios

- ▶ Usados nós neurais internos
- ▶ Diferentes nós neurais desempenham diferentes funções
 - ▶ sum, product, divide, sum-threshold, greater-than, sign-of, min, max, abs, if, interpolate, sin, cos, atan, log, expt, sigmoid, integrate, differentiate, smooth, memory, oscillate-wave, and oscillate-saw.

Atuadores

- ▶ Responsáveis por movimentar as criaturas
- ▶ Recebem valores dos neurônios e sensores

Combinando morfologia e controle

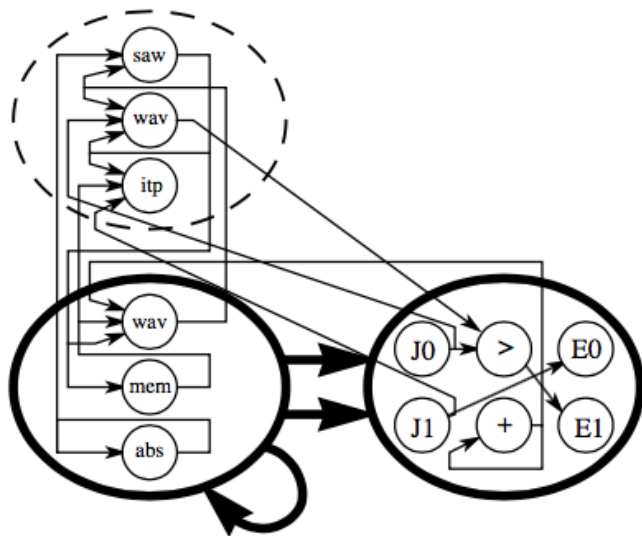


Figure 5:

Combinando morfologia e controle (Continuação)

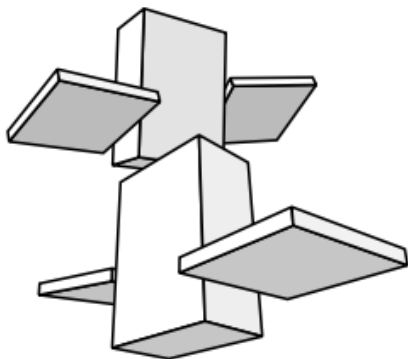


Figure 4a: The phenotype morphology generated from the evolved genotype shown in figure 3.

Figure 6:

Combinando morfologia e controle

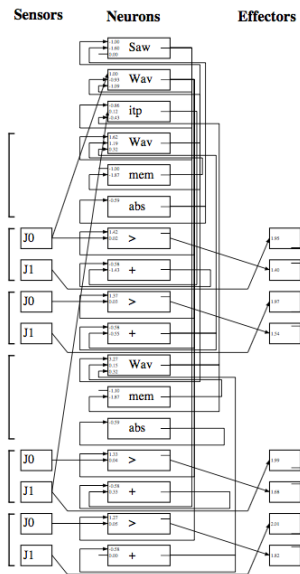


Figure 7:

Simulação Física

- ▶ Usado um ambiente virtul 3D
- ▶ Componentes da simulação física: dinâmica dos corpos articulados, integração numérica, detecção de colisão, fricção, viscosidade
- ▶ Feathermore's recursive $O(N)$ metodo usado para calcular a velocidade e aceleração
- ▶ Integração é usada para clacular os movimentos usando Runge-Kutta-Fehlberg método

Seleção do comportamento

- ▶ Evolução das criaturas são otimizadas para específicos comportamentos
- ▶ Natação
 - ▶ fitness: velocidade
- ▶ Caminhar
 - ▶ fitness: velocidade
- ▶ Pular
 - ▶ fitness: altura
- ▶ Seguir
 - ▶ fitness: velocidade

Evolução da criaturas

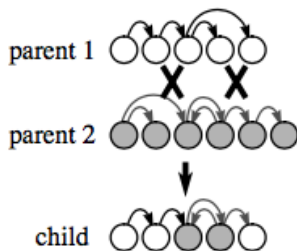
- ▶ Criação da população Inicial
- ▶ Aleatoriamente
- ▶ Ou genótipo de uma evolução anterior
- ▶ Ou gerado manualmente
- ▶ Tamanho típico da população - 300
- ▶ Taxa de sobrevivência: $1/5$
- ▶ Para cada evolução o fitness é recalculado

Mutação de Grafos Dirigidos

1. Parâmetros internos dos nodes são objetos de possíveis alterações
2. Novos nodes são adicionados aleatoriamente dos grafos
3. Parâmetros de de conexões sofrem alterações
4. Novas conexões são adicionadas aleatoriamente
5. Elementos não conectados são descartados

Combinando Grafos Dirigidos

a. Crossovers:



b. Grafting:

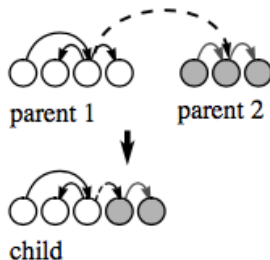


Figure 5: Two methods for mating directed graphs.

Figure 8:

Implementação Pararela

- ▶ Connection Machine CM-5
 - ▶ Novembro 1993
 - ▶ 131 GFlops
 - ▶ 1024 cores
- ▶ População 300, 100 gerações, 3 horas, 32 processadores CM-5

Resultados

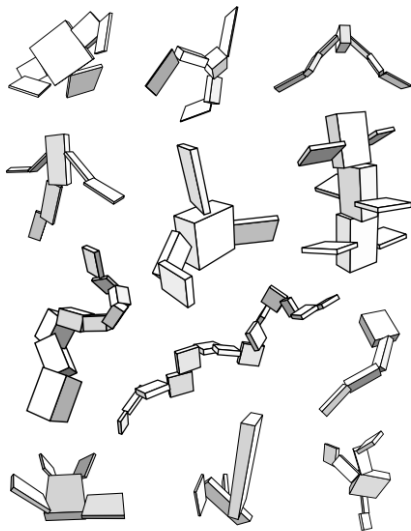


Figure 6: Creatures evolved for swimming.

Figure 9:

Resultados

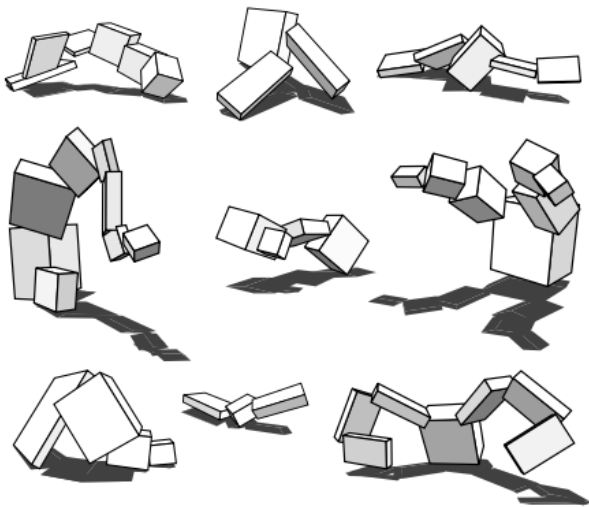


Figure 7: Creatures evolved for walking.

Figure 10:

Resultados

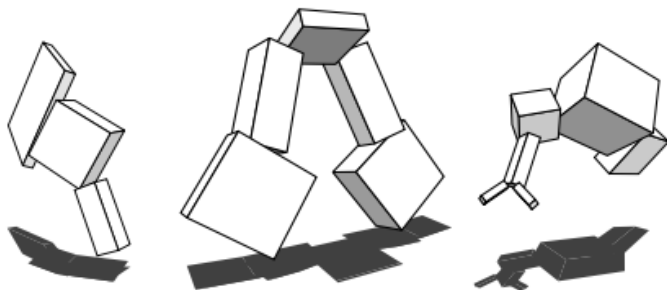


Figure 8: Creatures evolved for jumping.

Figure 11:

Resultados

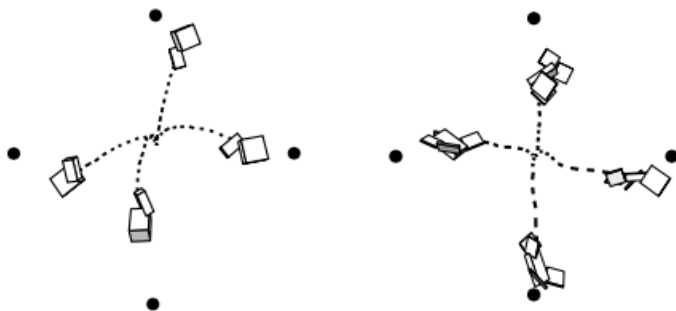


Figure 9: Following behavior. For each creature, four separate trials are shown from the same starting point toward different light source goal locations.

Figure 12:

Trabalhos Futuros

colocar conteúdo aqui

Conclusão

colocar conclusão aqui

Referências

colocar referencias aqui. . .