

Symulacja zachowania się drapieżników i ofiar

Marek Gągolewski

Wydział Matematyki i Nauk Informatycznych
Politechnika Warszawska

11 czerwca 2008
rev. 11 czerwca 2008

Plan prezentacji

- 1 Wprowadzenie. Założenia środowiska symulacyjnego /kwiecień 2008 r./.
- 2 Modele zachowania się drapieżników i ofiar. Wyniki empiryczne /czerwiec 2008 r./.

Cel pracy

- Celem pracy jest stworzenie ogólnego wirtualnego środowiska imitującego środowisko naturalne, w którym możliwa jest między innymi weryfikacja modeli teoretycznych dotyczących zachowania się zwierząt poprzez symulację.
- W celu pokazania przydatności systemu zaimplementowany został przykład wzajemnego wpływu na siebie populacji drapieżników i populacji ofiar w tym środowisku.

Spis treści

- 1 Drapieżniki i ich ofiary
 - Sztuczne życie
 - Modelowane osobniki
 - Drapieżniki
 - Ofiary
- 2 Wyniki
 - Drzewo czwórkowe
 - Wydajność
 - Przykładowe wyniki symulacji

1 Drapieżniki i ich ofiary

Sztuczne życie

Modelowane osobniki

Drapieżniki

Ofiary

2 Wyniki

Drzewo czwórkowe

Wydajność

Przykładowe wyniki symulacji

- Sztuczne życie (ang. *Artificial life, ALife*);
- Cel: zrozumienie zasad funkcjonowania niezwykle złożonych organizmów
- oraz modelowanie układów imitujących biologiczne fenomeny życia;
- *Soft/Hard/Wet ALife*.

Definicja

Aktor(agent) to obiekt istniejący w środowisku, percypujący je same i jego elementy. Ma zdolność do:

- komunikowania się,
- aktywnego monitorowania otoczenia oraz
- podejmowania autonomicznych decyzji w celu zaspokojenia swych potrzeb.

Problem doboru skali czasowej:

- mała skala czasowa,
- wielka skala czasowa,
- skala pośrednia.

1 Drapieżniki i ich ofiary

Sztuczne życie

Modelowane osobniki

Drapieżniki

Ofiary

2 Wyniki

Drzewo czwórkowe

Wydajność

Przykładowe wyniki symulacji

Modelowane osobniki:

- 1 agresywne czerwone i pomarańczowe kulki-drapieżniki,
- 2 stadne niebieskie i zielone kulki-ofiary.

Motor zachowania się — 2 zasady:

- ① zasada zachowania życia gatunku,
- ② zasada zachowania życia własnego.

Każdy model agenta powinien obejmować następujące jego części składowe:

- ① układ ruchowy,
- ② układ percepcyjny oraz
- ③ układ decyzyjny.

1. Kinematyka

- Punkt materialny.
- Właściwości: masa m .
- Stan: położenie \mathbf{x} , prędkość \mathbf{v} .
- System decyzyjny określa aktualną prędkość preferowaną $\mathbf{v}' \implies$ wektor przyspieszenia \mathbf{a} ($|\mathbf{a}| \leq a_{\max}$).

1. Kinematyka

Zmianę stanu fizycznego ciał w danej chwili można opisać układem równań różniczkowych:

$$\begin{cases} d\mathbf{v}(t) = \mathbf{a}(t) \cdot dt \\ d\mathbf{x}(t) = \mathbf{v}(t) \cdot dt \end{cases} \quad (1)$$

1. Kinematyka

Dyskretyzujemy go stosując podstawową metodę Eulera otrzymując opis stanu w danej chwili:

$$\begin{cases} \mathbf{v}_{t+1} = \mathbf{v}_t + \mathbf{a}_t \cdot \Delta t \\ \mathbf{x}_{t+1} = \mathbf{x}_t + \mathbf{v}_t \cdot \Delta t \end{cases} \quad (2)$$

dla danych początkowych \mathbf{x}_0 oraz \mathbf{v}_0 oraz zmiennego przyspieszenia chwilowego $|\mathbf{a}_t| \leq a_{\max}$.

1. Kinematyka

Ograniczenia:

- Nie uwzględniamy siły grawitacji.
- Tylko toczenie się po powierzchni terenu.
- Uwzględniamy siłę tarcia kinetycznego.

2. Percepcja

- Bodźce — przypomnienie.
 - Służą do informowania aktorów o stanie otoczenia, działaniu innych aktorów itp.
 - Typy bodźców — analogia zmysłów (słuchowe, dotykowe, węchowe, smakowe, wzrokowe itd.).
 - Bodźce są wysyłane za pośrednictwem środowiska (globalna kolejka komunikatów).
 - Każdy aktor jest wyposażony we własną kolejkę bodźców.

2. Percepcja

- Wysyłanie bodźców zapachowych do wszystkich aktorów.
- Wykrywanie kolizji.
- Atak drapieżnika \implies bodziec dotykowy.
- Zabicie ofiary \implies bodziec smakowy.

3. Wybór akcji

Dane:

- aktualne warunki wewnętrzne $\mathcal{I}(t)$,
- aktualne warunki zewnętrzne $\mathcal{E}(t)$.

Szukane:

- najbardziej stosowne w danej chwili zachowanie $\alpha(t)$ spośród zbioru możliwych akcji $A(\mathcal{I}(t), \mathcal{E}(t))$.

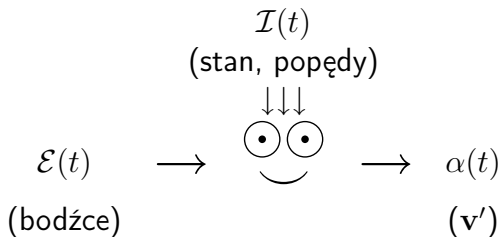
3. Wybór akcji

Ogólnie:

$$\alpha(t) = \max_{a \in A(\mathcal{I}(t), \mathcal{E}(t))} \|\Phi(a)\| \quad (3)$$

gdzie Φ jest pewną mierzalną funkcją oceniającą daną akcję.

3. Wybór akcji



3. Wybór akcji

Rozwiązanie:

- ustalenie (na sztywno) priorytetów każdej z akcji,
- ustalenie wag dla każdej z akcji,
- sterowanie za pomocą sieci neuronowej,
- ...

1 Drapieżniki i ich ofiary

Sztuczne życie

Modelowane osobniki

Drapieżniki

Ofiary

2 Wyniki

Drzewo czwórkowe

Wydajność

Przykładowe wyniki symulacji

Drapieżniki

- Rozdzielnopłciowe.
- Czerwone samce, samice pomarańczowe.
- Popęd głodu.
- Zdrowie.
- „Energia”.

Drapieżniki

Stany:

- szwendanie się,
- polowanie,
- rozmnażanie u samców (Samice — 3 fazy reprodukcyjne: niepłodna, płodna, ciąża).

1 Drapieżniki i ich ofiary

Sztuczne życie

Modelowane osobniki

Drapieżniki

Ofiary

2 Wyniki

Drzewo czwórkowe

Wydajność

Przykładowe wyniki symulacji

Ofiary

- Rozdzielno płciowe.
- Niebieskie samce, samice zielone.
- Zdrowie.
- „Energia”.
- Zwierzęta stadne.

Ofiary

Stany:

- pasienie się,
- ucieczka,
- rozmnażanie u samców.

1 Drapieżniki i ich ofiary

Sztuczne życie

Modelowane osobniki

Drapieżniki

Ofiary

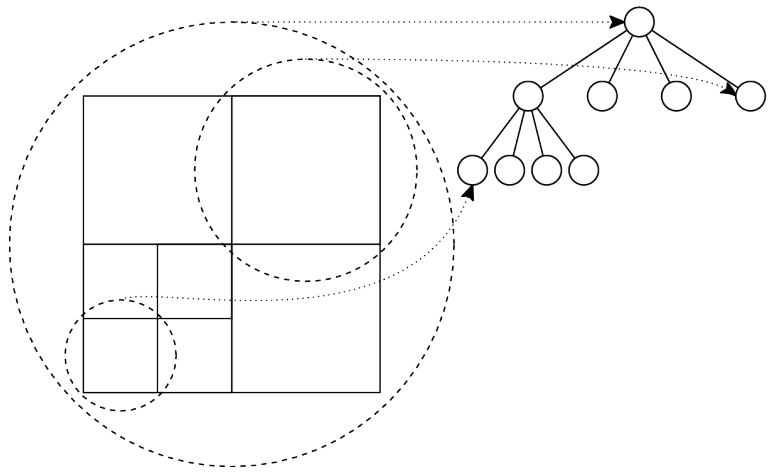
2 Wyniki

Drzewo czwórkowe

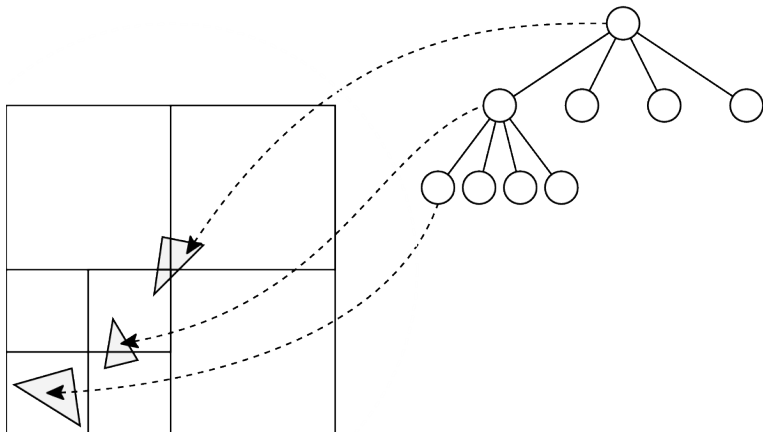
Wydajność

Przykładowe wyniki symulacji

- Drzewo czwórkowe (ang. *quad-tree*) — grupowanie obiektów rzutowanych na płaszczyznę Oxy .
- Każdy węzeł reprezentuje prostokątny fragment przestrzeni roboczej.
- Każdy węzeł wewnętrzny posiada 4 potomków (reprezentują równomiernie podzieloną przestrzeń swojego rodzica — zob. rys.).
- Ustalona głębokość maksymalna d .



- Obiekt wyświetlany powiązany jest z najgłębszym możliwym węzłem reprezentującym przestrzeń obejmującą dany obiekt w całości.



1 Drapieżniki i ich ofiary

Sztuczne życie

Modelowane osobniki

Drapieżniki

Ofiary

2 Wyniki

Drzewo czwórkowe

Wydajność

Przykładowe wyniki symulacji

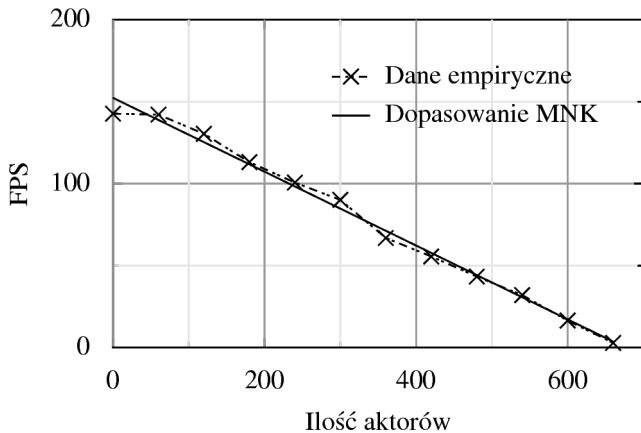
Dane uśrednione dla terenów średniej wielkości (129×129 punktów). 256 kwadratowych fragmentów. Maksymalna ilość trójkątów na fragment 2048. FPS dla rozd. 800×600 . $\Delta t = 0,05$ s. Poziom szczegółowości 128–2048 trójkątów. Próba losowa licznosci 3.

Tablica: Ilość aktorów a ilość klatek na sekundę.

Il. aktorów	FPS
0	143
60	142
120	130
180	113
240	101
300	90
360	67
420	56
480	43
540	32
600	16
660	3

$$r = -0,996$$

$$\text{MNK: FPS} = -0,2253x + 152,37$$



Jw. 480 aktorów (400 ofiar — 8 stad, 80 drapieżników).

Tablica: Maksymalna głębokość drzewa czwórkowego a ilość klatek na sekundę.

Głębokość	FPS
4	29
5	43
6	45
7	41
8	33

1 Drapieżniki i ich ofiary

Sztuczne życie

Modelowane osobniki

Drapieżniki

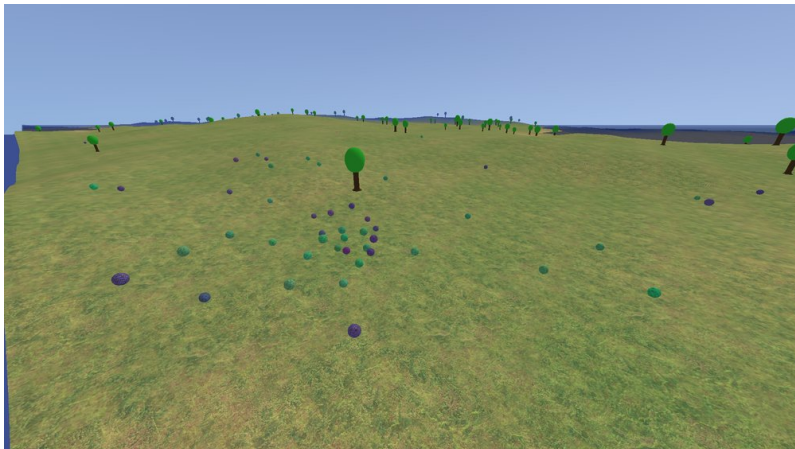
Ofiary

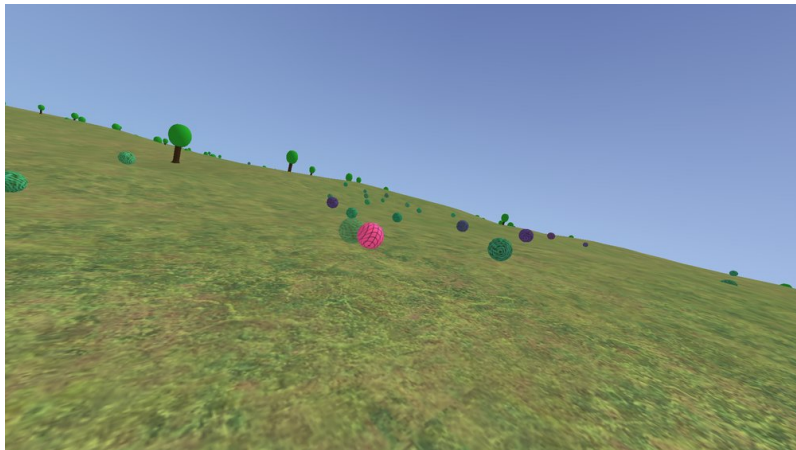
2 Wyniki

Drzewo czwórkowe

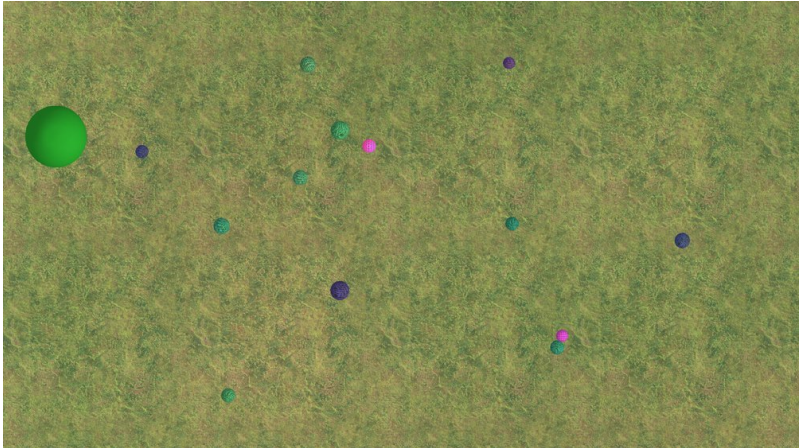
Wydajność

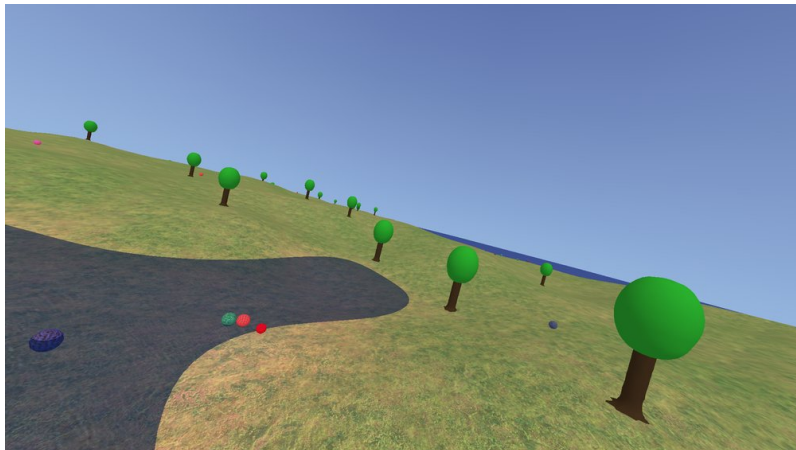
Przykładowe wyniki symulacji

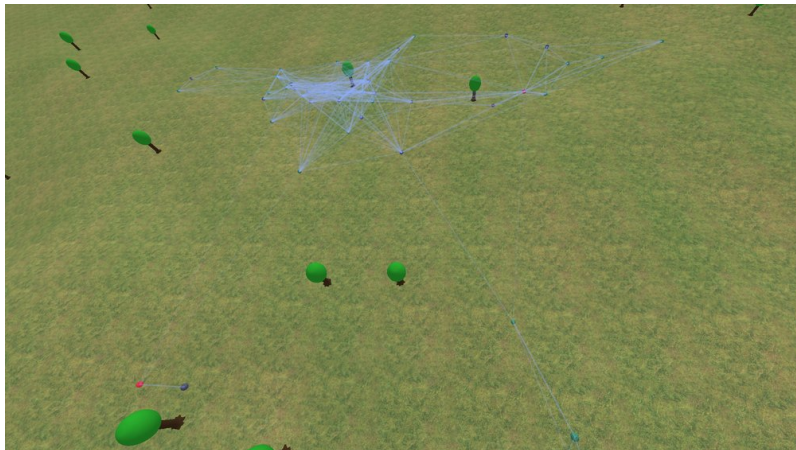


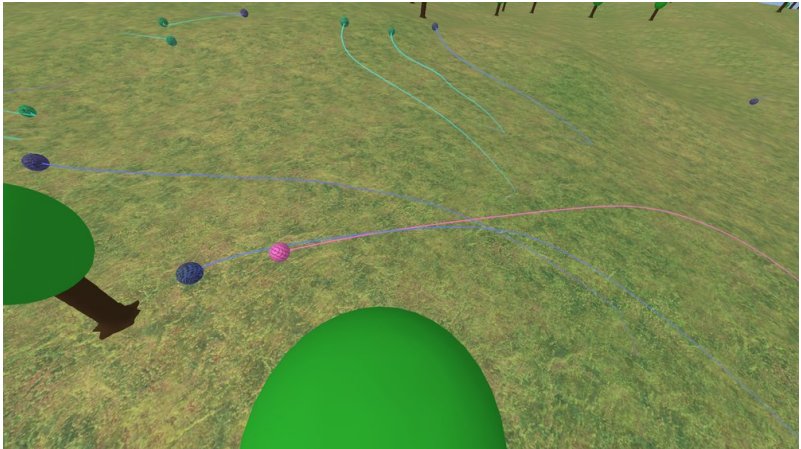












Bibliografia (wybór)

- B. Benes, J. Cordoba, J. M. Soto. Modeling virtual gardens by autonomous procedural agents. *TPCG '03: Proc. Theory and Practice of Comp. Graph.*, 2003, s. 58–65.
- F. Brauer, C. Castillo-Chavez. *Mathematical Models in Population Bio-logy and Epidemiology*, wolumen 40 serii *Texts in Applied Mathematics*. Springer-Verlag, Heidelberg, 2001.
- R. Dunbar. *Kłopoty z nauką*. Wydawnictwo Marabut & Oficyna Wydawnicza Volumen, Gdańsk, Warszawa, 1996.
- M. Enquist, S. Ghirlanda. *Neural networks and animal behavior*. Princeton University Press, Princeton, 2005.

Bibliografia (wybór)

- G. Farin. *Curves and Surfaces for Computer Aided Geometric Design. A Practical Guide*. Academic Press, Inc., 1988.
- J. Funge, X. Tu, D. Terzopoulos. Cognitive modeling: knowledge, reasoning and planning for intelligent characters. *Proc. SIGGRAPH '99*, 1999, s. 29–38.
- M. Gągolewski. *Naturenv2 — strona domowa projektu*. Dostępne 11 VI 2008: <https://gna.org/projects/naturenv>, 2008.

Bibliografia (wybór)

- M. Komosiński, S. Ulatowski. Framsticks: sztuczne życie — złożona symulacja stworzeń i ich ewolucji. *Materiały konferencyjne III Krajowej Konferencji Algorytmy Ewolucyjne i Optymalizacja Globalna KAEiOG*, Potok Złoty, 1999, s. 157–166.
- G. Lakemeyer, E. Sklar, D. G. Sorrenti, T. Takahashi (red.). *RoboCup 2006: Robot Soccer World Cup X*, wolumen 4434/2007 serii. *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, Berlin, Heidelberg, 2007.
- G. S. P. Miller. The motion dynamics of snakes and worms. *Computer Graphics*, 22(4):169–173, 1988.

Bibliografia (wybór)

- W. T. Reeves. *Particle systems — a technique for modeling a class of fuzzy objects* ACM Trans. Graph., 2(2):91–108, 1983.
- C. W. Reynolds. Flocks, herds, and schools: A distributed behavioral model. *Computer Graphics*, 21(4):25–34, 1987.
- C. W. Reynolds. Steering behaviors for autonomous characters. *Proc. Game Developers Conference*, 1999, s. 763–782.
- C. W. Reynolds. Big fast crowds on PS3., *Sandbox '06: Proc. 2006 ACM SIGGRAPH Symposium on Videogames*, 2006, s. 113–121.

Bibliografia (wybór)

- B. Sadowski. *Biologiczne mechanizmy zachowania się ludzi i zwierząt*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2006.
- K. Sims. Evolving 3D morphology and behavior by competition. *Proc. Artificial Life IV*, MIT Press, 1994, s. 28–39.
- K. Sims. Evolving virtual creatures. *Proc. SIGGRAPH '94*, ACM, New York, 1994, s. 15–22.
- D. Terzopoulos, J. Platt, A. Barr, K. Fleischer. Elastically deformable models. *Computer Graphics*, 21(4):205–214, 1987.

Bibliografia (wybór)

- X. Tu. *Artificial Animals for Computer Animation: Biomechanics, Locomotion, Perception, and Behavior*. Praca doktorska, Department of Computer Science, University of Toronto, Toronto, 1996.

Dziękuję za uwagę!