

IMPLEMENTAÇÃO E VERIFICAÇÃO FORMAL DE ESTRATÉGIAS PARA DESVIO DE OBSTÁCULOS DE VEÍCULOS AUTÔNOMOS MODELADOS COMO AGENTES RACIONAIS

Lucas Emanuel Ramos Fernandes

Vinicius Custodio

Gleifer Vaz Alves

28 de Setembro, 2016 - Ponta Grossa, Paraná, Brasil

WPCCG '16



1. Introdução
2. Elaboração e implementação de planos de decisões para desvio de obstáculos
3. Verificação formal da tomada de decisão de agentes racionais
4. Considerações Finais

INTRODUÇÃO

Veículos Autônomos

"O próximo grande avanço tecnologia da indústria automobilística", [1].



Figura 1: Veículo autônomo desenvolvido pela Google

Veículos Autônomos - Exemplo

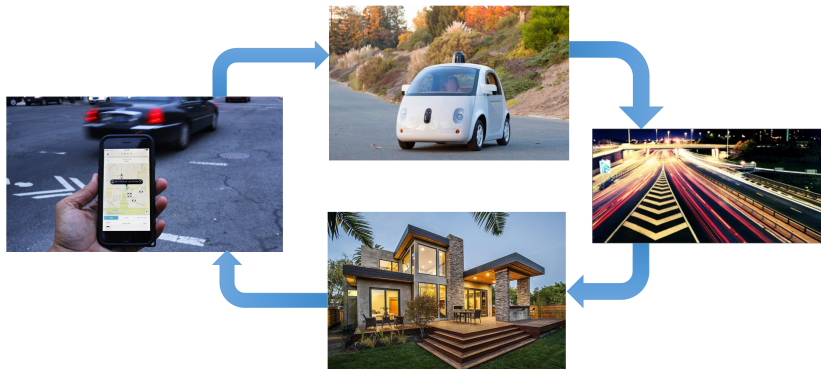


Figura 2: Cenário de uso de um veículo autônomo

Benefícios dos Veículos Autônomos

- Diminuição de veículos em circulação e aumento da disponibilidade vagas em estacionamentos [3];
- Menor índice emissão de dióxido de carbono (CO₂);
- Minimizar o congestionamento nas cidades [2];
- Jornadas mais rápidas [3];
- Possível redução do número de acidente de trânsito [4].

Empresas destaque na área:

- Google [5]
- Tesla [6]
- Uber [7]



Figura 3: Carros autônomos possuem capacidade de se locomover sozinho

Desvio de obstáculos



Figura 4: Detecção de obstáculo (pedestre)

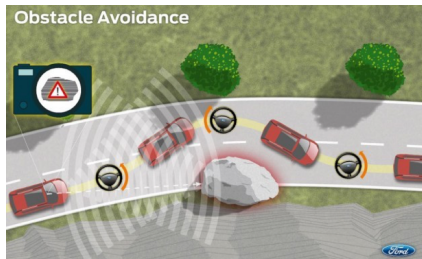


Figura 5: Desvio de obstáculo

Agentes são entidades computacionais dentro de um ambiente capazes de tomar decisões por si só [10].

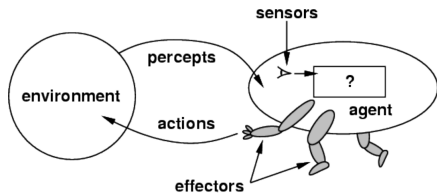


Figura 6: Funcionamento de um agente [12]

Agente Reativo

São capazes de manter uma interação contínua com o ambiente e responder rapidamente a possíveis mudanças, [16].

- Simples
- Evento → decisão
- Limitado

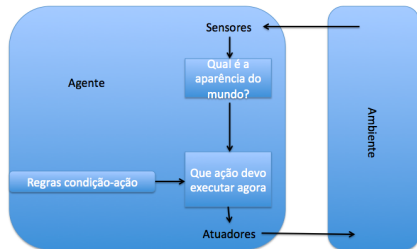


Figura 7: Modelo do agente reativo

Agente Racional

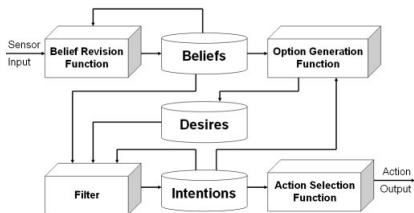


Figura 8: Arquitetura de um agente racional (especificamente um agente BDI)

Agentes possuem autonomia, logo é necessário saber o **motivo** que levou o agente a decidir suas ações [11].

Linguagens para o desenvolvimento de agentes racionais

- Jason, [14]
- Gwendolen, [15]

Algoritmo 1: Exemplo de código em Gwendolen

```
1 GWENDOLEN
2
3 :name: robot
4 : Initial Beliefs :
5
6 : Initial Goals :
7 goto55[perform]
8
9 : Plans :
10 +!goto55[perform] : {T} ← move_to(5,5);
11 +rubble(5,5) : {T} ← lift_rubble ;
12 +holding(rubble) : {T} ← print (done);
```

ELABORAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE PLANOS DE DECISÕES PARA DESVIO DE OBSTÁCULOS

Técnicas de desvio de obstáculos:

- Trajetórias Elípticas – Newton [19]
 - Repulsão
- Obstáculos de Velocidade Recíproca [20]
 - Pensamento igual



Figura 9: Exemplo de campos de repulsão utilizando Trajetórias Elípticas

VERIFICAÇÃO FORMAL DA TOMADA DE DECISÃO DE AGENTES RACIONAIS

Dilema do Bonde (*Trolley Problem*)

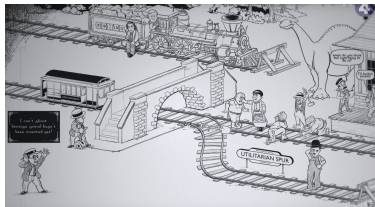


Figura 10: *Trolley Problem*, [8]

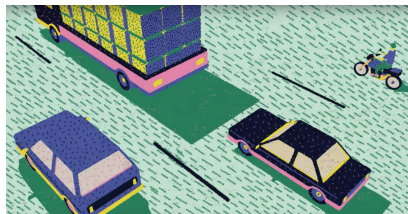


Figura 11: Versão moderna do dilema do bonde, [9]

Verificação da corretude do algoritmo utilizado em um sistema com relação às suas propriedades.

A verificação formal é utilizada em sistemas de segurança crítica, onde é imprescindível o desempenho correto do software [18].

Técnica de automatização para a verificação de estado finitos em sistemas [18].

Etapas do *Model Checking*

- Modelagem
- Especificação
- Verificação

Para Visser *et al* [2003] a verificação formal também deveria focar sua atenção para a execução do programa, além do design do código.

Framework Proposto

- *Java PathFinder*

Model Checking de agentes implementados em linguagens orientada a agentes através do AJPF (*Agent Java PathFinder*), [13].

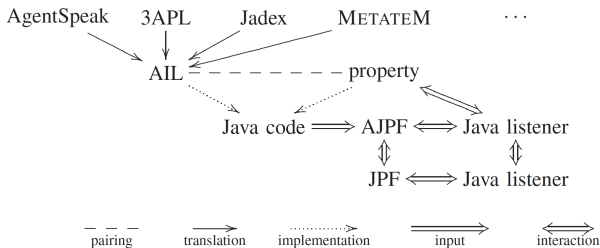


Figura 12: *Agent JPF*

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerações Finais




Um veículo autônomo precisa estar preparado para desviar e reagir a todos os obstáculos que o afetam, além de não poder sofrer com defeitos de software.

1. Implementação de técnicas de desvio de obstáculos
2. Verificação formal dos planos de decisão do agente




- Figura 1: Acesso em 21/09/2016, <http://futurehumanevolution.com/todays-technology/disruptive-technologies-driverless-cars>
- Figura 2: Adaptado, [1]
- Figure 3: Acesso em 21/09/2016, <http://www.tested.com/tech/concepts/458529-predicting-ethical-dilemmas-autonomous-cars/>
- Figura 4: Acesso em 18/09/2016, <https://gigaom.com/2013/10/08/ford-hasnt-built-the-autonomous-car-yet-but-its-getting-closer/>
- Figura 5: Acesso em 18/09/2016, [http://www.extremetech.com/extreme/187438-googles-autonomous-car-gets-a-b-in-driving-test-not-great-but-](http://www.extremetech.com/extreme/187438-googles-autonomous-car-gets-a-b-in-driving-test-not-great-but)
- Figura 6: Acesso em 20/09/2016, [http://cs.brynmawr.edu/cs372/slides/\\$02\\$_IntelligentAgents.pdf](http://cs.brynmawr.edu/cs372/slides/02_IntelligentAgents.pdf)
- Figura 7: Adaptado, [16]

- Figura 8: Acesso em 22/09/2016, http://www.inf.ufrgs.br/prosoft/bdi4jade/?page_id=46
- Figura 9: Acesso em 18/09/2016, <https://www.wired.com/2014/05/the-robot-car-of-tomorrow-might-just-be-programmed-to-hit-you/>
- Figura 10: Acesso em 21/09/2016, <https://www.youtube.com/watch?v=b0pf6KcWYyw>
- Figura 11: Acesso em 21/09/2016, <https://ed.ted.com/lessons/the-ethical-dilemma-of-self-driving-cars-patrick-lin/>
- Figura 12: Retirado de [12]

Referências I

-  Richard Wallace e Gary Silberg
Self-Driving cars: The next revolution
KPMG Center for Automotive Research, 2012
-  Daniel J. Fagnant e Kara M. Kockelman
Preparing a Nation for Autonomous Vehicles: Opportunities, Barriers
and Policy Recommendations
Eno Center for Transportation, v. 2, 2013
-  Mark Cliffe
Driverless cars – the route to more than smart cities
IGN World, 2016

Referências II

-  Margie Peden e Richard Scurfield e David Sleet e Dinesh Mohan e Adnan A. Hyder e Eva Jarawan e Colin Mathers
World report on road traffic injury prevention. World Health Organization
Hyder AA, Jarawan E, Mathers, 2004
-  Google Self Driving Car
Google, 2016
Acesso em 20 ago. 2016, <https://www.google.com/selfdrivingcar>
-  Tesla
Tesla Models, 2016
Acesso em 26 ago. 2016, <https://www.tesla.com/models>

Referências III



Uber's First Self-driving Fleet Arrives in Pittsburgh this Month

Bloomberg, 2016

Acesso em 20 ago. 2016,

<http://www.bloomberg.com/news/features/2016-08-18/>

[uber-s-first-self-driving-fleet-arrives-in-pittsburgh-this-month-is06](http://www.bloomberg.com/news/features/2016-08-18/uber-s-first-self-driving-fleet-arrives-in-pittsburgh-this-month-is06)



Philippa Foot

The problem of abortion and the doctrine of double effect

Oxford Review, v. 5, 5-15, 1967



Patrick Lin e Yukai Du e Amy Adkins e Kevin O'Shea e Jiaqi Wang e

Cem Misirlioglu




The ethical dilemma of self-driving cars

TED-Ed, 2015





Acesso em 22 ago. 2016, <http://ed.ted.com/lessons/>

[the-ethical-dilemma-of-self-driving-cars-patrick-lin](http://ed.ted.com/lessons/the-ethical-dilemma-of-self-driving-cars-patrick-lin)




Referências IV

-  Michael Wooldridge
An Introduction to MultiAgent Systems
John Wiley Sons, v. 2, 2009.
-  Michael Fisher e Louise Dennis e Mat Webster
Verifying Autonomous Systems
Commun. ACM, v. 56, n. 9, 2013
-  Stuart J. Russell e Peter Norvig
Artificial Intelligence: A Modern Approach
Pearson Education, segunda edição, 2003
-  R. H. Bordini e L. A. Dennis e B. Farwer e M. Fisher
Automated Verification of Multi-Agent Programs
ASE '08, 69–78, 2008

Referências V

-  Rafael H. Bordini e Jomi Fred Hubner e Michael Wooldridge
Programming Multi-Agent Systems in AgentSpeak Using Jason
Wiley Series in Agent Technology, 2007
-  Louise A. Dennis e Berndt Farwer
Gwendolen: A BDI Language for Verifiable Agents
University of Aberdeen, 2008
-  Michael Wooldridge e Nicholas Jennings
Agent, Theories, Architectures, and Languages: A survey.
ECAI Workshop on Agent Theories, 1994
-  Willem Visser e Klaus Havelund e Guillaume Brat e Seungjoon Park e Flavio Lerda
Model Checking Programs
Kluwer Academic Publishers, v. 10, n. 2, 2003

Referências VI

-  Edmund M. Clarke Jr., e Orna Grumberg and Doron A. Peled
Model Checking
MIT Press, 1999
-  Dafflon, Baudouin *et al*
Adaptive Autonomous Navigation using Reactive Multi-agent System
for Control Law Merging
International Conference On Computational Science, 2015
-  Van den Berg e Ming C. Lin e Dinesh Manocha
Reciprocal Velocity Obstacles for Real-Time Multi-Agent Navigation
IEEE Conference Robotics and Automation, 2008

Implementação e verificação formal de estratégias para desvio de obstáculos de veículos autônomos modelados como agentes racionais

Autores:

Lucas Emanuel Ramos Fernandes - lucfer@alunos.utfpr.edu.br

Vinicius Custodio - viniciuscustodio@alunos.utfpr.edu.br

Gleifer Vaz Alves - gleifer@utfpr.edu.br



www.utfpr.edu.br