

Utilização de lógica temporal-deôntica para representação do comportamento de um agente racional no controle de um veículo autônomo

Vithor Tozetto Ferreira Gleifer Vaz Alves
vithorferreira@alunos.utfpr.edu.br
gleifer@utfpr.edu.br

Workshop de Pesquisas em Computação dos Campos Gerais
Ponta Grossa, Brasil

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

5 de outubro de 2017

Resumo

- 1 Introdução
- 2 Objetivos
- 3 Agentes
- 4 Aspectos Lógicos
- 5 Utilização da Lógica Temporal-Deôntica
- 6 Considerações Finais
- 7 Referências



Figura 1: A tecnologia espalhada pelo mundo

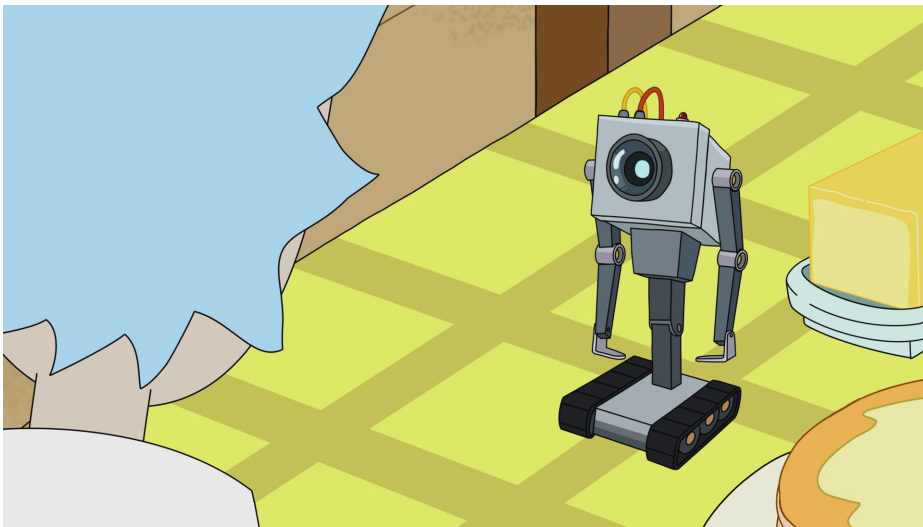


Figura 2: A capacidade de uma máquina



Figura 3: Um veículo autônomo

What should the man in blue do?

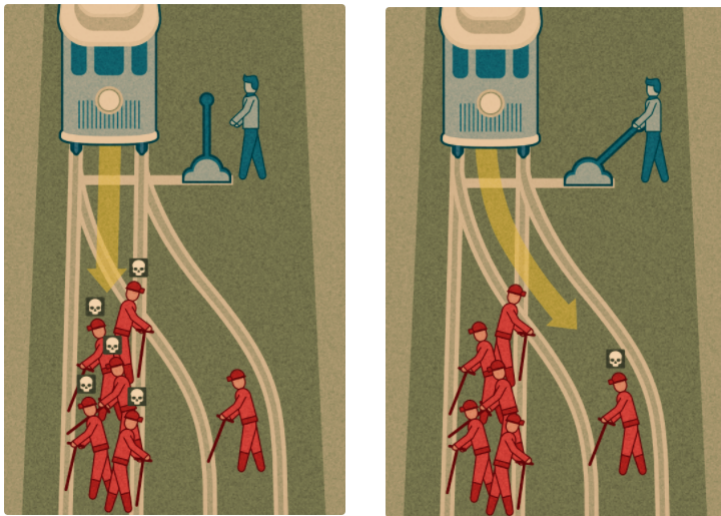
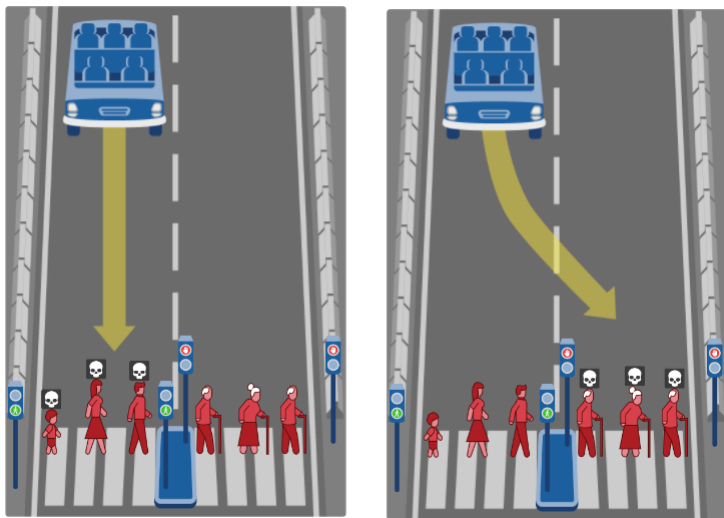


Figura 4: O dilema do bonde

What should the self-driving car do?

Figura 5: MIT *Moral Machine*

O problema

- Estabelecimento de regras
- Lógica Formal
- Que tipo de controlador seguiria essas regras?

Agentes

Conforme (WOOLDRIDGE; JENNINGS, 1995), a forma mais geral de classificar um agente é como uma entidade situada em certo ambiente, seja esse ambiente virtual ou não, e que tal entidade pode executar ações autônomas em seu ambiente para atingir seus objetivos.

Verificação Formal

- O que é verificação normal?
- Qual sua utilidade?
- *Agent Java PathFinder* (AJPF)
- *Property Specification Language* (PSL)

Model Checking: Esta técnica surgiu como uma tentativa de resolver o problema de verificação formal em programas concorrentes (CLARKE, 2008).

Objetivos

- Desenvolver estudos e soluções a respeito de agentes inteligentes e verificação formal aplicado ao cenário de veículos autônomos;
- Aplicar operadores temporais-deônticos visando dinamizar e flexibilizar o comportamento do agente;

Agentes Racionais



Figura 6: Um agente racional

Lógica Temporal Linear

Considerando que φ e ψ representam eventos diferentes:

- $\bigcirc\varphi$, “próximo”, representa que φ é verdadeiro no próximo momento de tempo, em um sentido de ordenação de ações;
- $\bullet\psi$, “prévio”, representa que ψ é verdadeiro no momento anterior de tempo, em um sentido de ordenação de ações;
- $\square\varphi$, representa que φ é sempre verdadeiro no futuro;
- $\diamond\psi$, representa que ψ é verdadeiro em algum momento no futuro;
- $\varphi \mathcal{U} \psi$, “until”, representa que φ vai permanecer verdadeiro do momento atual até o momento onde ψ passa a ser verdadeiro;
- $\varphi \mathcal{W} \psi$, “while”, representa que φ irá permanecer verdadeiro enquanto ψ for verdadeiro.

Lógica Deôntica

Considerando que φ representa uma ação qualquer:

- $O\varphi$, "*obligation*", representa a obrigação de fazer φ ;
- $P\varphi$, "*permission*", representa a permissão de fazer φ ;
- $F\varphi$, "*forbidden*", representa a proibição de fazer φ .

Linguagem para especificação de propriedades

$$\phi ::= \text{B}_{\text{ag}} f \mid \text{G}_{\text{ag}} f \mid \text{I}_{\text{ag}} f \mid \text{P}(f) \mid \phi \wedge \phi \mid \phi \mathcal{U} \phi \mid \Box \phi \mid \Diamond \phi$$

Cenário Crítico



Figura 7: Cenário urbano de trânsito

Operadores e propriedades

Considerando que:

- $B(\varphi)$ é verdadeiro se o agente **acredita** que φ é verdadeiro;
- $G(\varphi)$ é verdadeiro se o agente tem como **objetivo** fazer φ ;
- $P(\varphi)$ é verdadeiro se o agente tem **permissão** para fazer φ ;
- $F(\varphi)$ é verdadeiro se o agente está **proibido** de fazer φ ;
- $Per(\varphi)$ é verdadeiro se o agente **percebe** φ como verdadeiro.

$$\square(\text{Per}(\text{obstaculo_norte}) \wedge \text{Per}(\text{obstaculo_leste}) \wedge \text{Per}(\text{obstaculo_oeste})) \\ \Rightarrow \text{B}(\text{colisao_inevitavel})$$



Figura 8: Cenário de colisão inevitável

$$B(\textit{colisao_inevitavel}) \Rightarrow \bigcirc G(\textit{selecionar_obstaculo})$$
$$\begin{aligned} & \Box (B(\textit{colisao_inevitavel}) \wedge B(\textit{obstaculo_baixo_existe})) \\ & \Rightarrow P(\textit{colisao_baixo}) \end{aligned}$$
$$\begin{aligned} & \Box (B(\textit{colisao_inevitavel}) \wedge \sim B(\textit{obstaculo_baixo_existe}) \wedge \\ & B(\textit{obstaculo_moderado_existe})) \Rightarrow P(\textit{colisao_moderado}) \end{aligned}$$

$$\Box(\text{Per}(\text{sinal_vermelho}) \Rightarrow F(\text{seguir_adiante}))$$


Figura 9: Cenário de sinal vermelho

$$\square((\text{Per}(\text{sinal_vermelho}) \wedge \text{B}(\text{situacao_emergencial}) \wedge \text{B}(\text{caminho_seguro})) \Rightarrow \text{P}(\text{seguir_adiante}))$$



Figura 10: Cenário de emergência




Trabalhos Futuros

Metas para continuidade deste trabalho:

- Definição de lógica temporal-deôntica com a formalização dos operadores que serão necessários para a adequada representação.
- Incorporação de operadores deônticos na linguagem de especificação da ferramenta AJPF.
- Aplicação de especificação formais de um agente racional usando a nova representação com operadores deônticos.
- Comparações entre as diferentes especificações, temporal \times temporal-deôntica.

-  Figura 1: Disponível em: <http://andreslombana.net/blog/2017/04/16/the-internet-of-things-as-a-giant-robot/> Acesso em 04/10/2017.
-  Figura 2: Disponível em: http://rickandmorty.wikia.com/wiki/Butter_Robot Acesso em 04/10/2017.
-  Figura 3: Disponível em: <http://mobilesyrup.com/2016/04/20/what-happens-after-self-driving-cars-come-to-canada/> Acesso em 04/10/2017.
-  Figura 4: Disponível em: <http://moralmachine.mit.edu/> Acesso em 04/10/2017.
-  Figura 5: Disponível em: <http://moralmachine.mit.edu/> Acesso em 04/10/2017.
-  Figura 6: Disponível em: <https://br.pinterest.com/cinnamoncooney/umbrella-ideas/> Acesso em 04/10/2017.

-  Figura 7: Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Traffic> Acesso em 04/10/2017.
-  Figura 8: Disponível em: <http://thedailynewnation.com/news/57912/> Acesso em 04/10/2017.
-  Figura 9: Disponível em: <https://doutormultas.com.br/artigo-208-ctb/> Acesso em 04/10/2017.
-  Figura 10: Disponível em: <http://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/2015/11/implantacao-do-samu-em-taubate-atrasa-e-vai-abranger-menos-cidades.html> Acesso em 04/10/2017.

-  CLARKE, E. The birth of model checking. **25 Years of Model Checking**. p. 1-26, 2008.
-  WOOLDRIDGE, M. J.; JENNINGS, N. R. Intelligent agents: Theory and practice. **The knowledge engineering review**, v. 10, n. 02, p. 115-152, 1995.
-  DENNIS, L. A.; FISHER, M.P. Model Checking Agent Programming Languages. **Automated Software Engineering**, p. 5-63, 2012.

Utilização de lógica temporal-deôntica para representação do comportamento de um agente racional no controle de um veículo autônomo

Vithor Tozetto Ferreira Gleifer Vaz Alves
vithorferreira@alunos.utfpr.edu.br
gleifer@utfpr.edu.br

Workshop de Pesquisas em Computação dos Campos Gerais
Ponta Grossa, Brasil

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

5 de outubro de 2017