

Desenvolvimento de uma ontologia para representação de objetos e ações do código de trânsito em um veículo autônomo

Vithor Tozetto Ferreira¹, Gleifer Vaz Alves¹

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Ponta Grossa – PR – Brazil

vithorferreira@alunos.utfpr.edu.br, gleifer@utfpr.edu.br

Abstract. *There are many aspects about the development of autonomous vehicles (AV), among them the interaction of those vehicles with traffic laws. An AV, acting in traffic, will need to follow a set of rules, and its controller will need to be able to utilize these rules in the planning of its actions. The controller of an AV could be modelled as an intelligent agent, still being necessary a representation of the traffic rules, representation which could be done through an ontology. In this paper is presented the proposal of an ontology representing objects and actions referring to traffic rules, which could be utilized as a tool for assisting on the behavior of high-level actions of an AV.*

Resumo. *Existem vários aspectos sobre o desenvolvimento de veículos autônomos (VA), entre eles a interação desses veículos com as leis de trânsito. Um VA, agindo no trânsito, deverá seguir um conjunto de regras, e seu controlador deverá ser capaz de utilizar essas regras no planejamento de suas ações. O controlador de um VA pode ser modelado como um agente inteligente, sendo ainda necessária uma representação das regras de trânsito, representação que pode ser feita através de uma ontologia. Neste trabalho é apresentada a proposta de uma ontologia para representação de objetos e ações referentes às regras de trânsito, que poderá ser utilizada como uma ferramenta para auxiliar no comportamento das ações de alto-nível de um VA.*

Keywords: Ontologies; Autonomous Vehicles; Traffic Rules

Palavras-chave: Ontologias; Veículos Autônomos; Regras de Trânsito

1. Introdução

Nos últimos anos, ocorreu um crescimento no desenvolvimento de novas tecnologias automatizadas. Para a indústria automotiva, o lançamento de veículos autônomos (VA's) será um grande salto tecnológico. Com o advento dos VA's, o motorista não precisaria estar no controle de um veículo, e poderia dedicar este tempo de locomoção a realização de outras tarefas [Silberg et al. 2012]. Um dos grandes problemas que impedem a utilização cotidiana de um VA é o de garantir a segurança do funcionamento desses veículos, e no contexto deste artigo, especificamente a segurança do comportamento do VA estar em acordo com as leis de trânsito. Através da união de várias tecnologias, os VA's atuais

conseguem perceber obstáculos em seus ambientes e interagir com segurança e autonomia em certas situações [Gomes 2014]. Porém, esta capacidade de autonomia ainda não é suficiente para garantir a segurança do funcionamento do VA, sendo necessário que o veículo considere em suas ações as regras de trânsito do local onde está trafegando [Vellinga 2017].

Conforme mencionado por Prakken [Prakken 2017], a interação de um VA com as regras de trânsito em geral não é tratada nas etapas de desenvolvimento de um VA. O VA precisa ser capaz de perceber seu ambiente, considerar suas tarefas e planejar ações seguras condizentes com as leis de trânsito locais para atingir seus objetivos de forma autônoma. Portanto, um VA deve ser controlado por um sistema computacional capaz de realizar tal tarefa, e uma das maneiras de representar tal sistema é através de um agente.

De maneira geral, um agente é uma entidade situada em certo ambiente, capaz de realizar ações autônomas para atingir seus objetivos [Wooldridge and Jennings 1995]. A um agente inteligente, são também atribuídas as propriedades de autonomia, habilidade social, reatividade e proatividade. Tais propriedades são interessantes para um VA, já que podem ser utilizadas no contexto de situações reais de trânsito. Mesmo com a utilização de um agente, uma grande dificuldade do desenvolvimento de um VA capaz de agir de forma segura no trânsito ainda permanece: como fazer com que um sistema computacional autônomo utilize as regras de trânsito em seu planejamento de ações.

A adaptação de um conjunto de regras de trânsito para o contexto de um mecanismo autônomo e inteligente é afetada pelas leis estarem descritas em linguagem natural, com a eventual presença de ambiguidades, redundâncias e incoerências [Prakken 2017]. Se faz necessário utilizar uma representação destas leis, que poderá ser utilizada no controle do VA, e tal representação pode ser feita com o auxílio de uma ontologia. Uma ontologia é uma especificação de uma conceitualização, um modelo de dados que possui um domínio, elementos e a relação entre esses elementos e o domínio [Cimiano et al. 2014]. Com uma ontologia, é possível criar uma conexão entre o domínio da linguagem natural e da linguagem artificial, auxiliando o VA a interpretar o ambiente e as leis.

O objetivo específico deste artigo é criar uma representação dos elementos utilizados pelas leis dos Códigos de Trânsito Brasileiro [BRASIL 1997] e Britânico [Department for Transport 2017], visando também mostrar a possibilidade de que um VA se adapte a mais de um conjunto de leis. Este trabalho está diretamente relacionado com o trabalho desenvolvido por Alves et. al [Alves et al. 2018], onde é apresentada uma formalização (inicial) de um conjunto de regras de trânsito do Reino Unido usando lógica temporal, e tais regras são incorporadas em um agente inteligente, modelado com um VA. Especificamente, o artigo proposto aqui descreve objetos e ações através de uma ontologia, que representa elementos das regras de trânsito referentes a cruzamentos de vias urbanas. Tal representação visa facilitar a incorporação das regras no agente inteligente que representa o VA.

2. Veículos Autônomos e código de trânsito

Na literatura da área, é muito comum encontrar em publicações de montadoras de veículos o termo direção automatizada, e raramente o termo direção autônoma. O primeiro termo

envolve um conjunto de ferramentas que auxiliam na direção, enquanto o segundo se refere ao estado final da automação, onde o sistema teria controle total sobre todas as funções de controle do veículo [Herrmann et al. 2018]. Em resumo, um veículo autônomo (VA) é um veículo controlado totalmente por um sistema, sem o auxílio de um motorista. Para garantir a segurança de suas ações no quesito de tráfego urbano, é necessário que o VA leve em consideração as Regras de Trânsito do local onde está situado.

Conforme mencionado por Prakken [Prakken 2017] e reforçado por Alves et. al [Alves et al. 2018], existe uma lacuna no desenvolvimento de VA's no que diz respeito aos seguintes aspectos: i.) A implantação de um VA considera adequadamente as regras de trânsito? ii.) O comportamento de um VA no tráfego urbano dá-se em acordo com as regras de trânsito? iii.) É necessário em alguma instância alterar e adaptar as regras de trânsito para o adequado comportamento de um VA? Esses aspectos reforçam a necessidade de representar o conhecimento das regras de trânsito para que sejam utilizadas por um agente representando um VA.

De acordo com [BRASIL 1997], se configura como trânsito a movimentação e imobilização de veículos, pessoas e animais nas vias terrestres. Cada país, dentro de seus territórios, delimitam um conjunto de regras destinadas a controlar e garantir a segurança do tráfego. É esperado que todo usuário presente no trânsito esteja ciente destas regras, e que as cumpra visando manter a harmonia do trânsito. Portanto, os VA's precisarão se adequar as regras de circulação de seus ambientes de atuação. Além disso, também foi considerada a possibilidade de um VA transitar entre dois territórios que possuam legislações de trânsito distintas, e que o controlador do veículo precise se adaptar ao novo conjunto de regras durante seu percurso. Para o desenvolvimento deste trabalho, são considerados dois fragmentos referentes as regras de cruzamentos em vias urbanas dos Códigos de Trânsito do Brasil e do Reino Unido.

3. Ontologia para as regras de cruzamentos de vias

A definição de ontologia pode mudar de acordo com o autor, porém, é comum na grande maioria das definições o termo conceitualização, se referindo a uma visão de mundo, uma forma de descrever um domínio, seus objetos e as relações existentes entre tais objetos [Cimiano et al. 2014]. As ontologias possuem algumas propriedades essenciais: ontologias descrevem um domínio específico; a utilização dos termos deve ser consistente; os conceitos e relações devem ser definidos sem ambiguidades em uma linguagem formal; as relações entre os conceitos determinam a estrutura da ontologia; ontologias podem ser compreendidas e processadas por computadores [Freitas et al. 2017].

A partir destes conceitos foi desenvolvida a *Road Junction Ontology*, demonstrada nas figuras 1 e 2, que visa representar os objetos e ações referentes a um ambiente de trânsito, extraídos a partir de [BRASIL 1997] e [Department for Transport 2017], especificamente aquelas regras referentes a cruzamentos de vias urbanas.

Road Junction Ontology: Ontologia que representa os objetos e ações presentes no ambiente de trânsito de acordo com um fragmento de regras dos Códigos de Trânsito do Brasil e Reino Unido.

Na figura 1 são apresentados os objetos presentes em um ambiente de trânsito. Os objetos estão divididos em três grupos, referentes ao ambiente, aos usuários das vias terrestres e aos objetos de sinalização

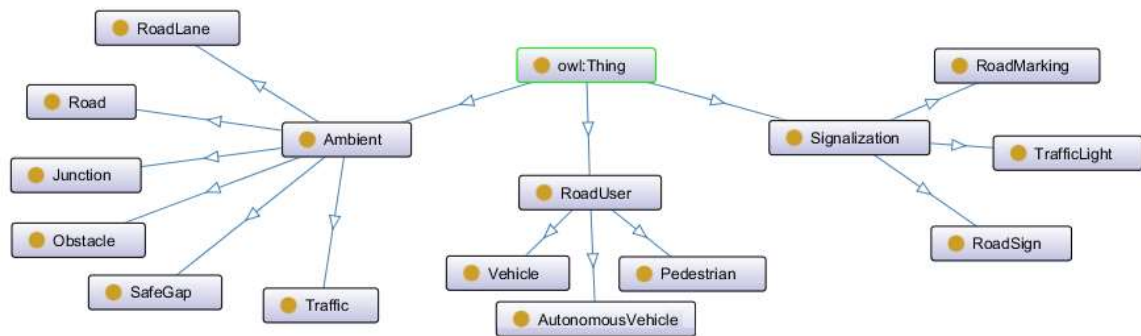


Figura 1. Road Junction Ontology - Objetos

do trânsito. Esses objetos estão descritos da seguinte forma:

RoadUser: Os usuários das vias terrestres, presentes no ambiente de trânsito.

Pedestrian: Usuário que não utiliza um veículo.

Vehicle: Meio de transporte destinado à locomoção de passageiros ou cargas, com alguma forma de propulsão, controlado por um ser humano e que circula nas vias terrestres.

AutonomousVehicle: Um meio de transporte destinado à de passageiros ou cargas, com alguma forma de propulsão, controlado por um sistema autônomo inteligente, que pode eventualmente contar com a intervenção de um humano e que circula nas vias terrestres.

Ambient: Por onde os usuários das vias terrestres trafegam e interagem com outras entidades.

Obstacle: Objeto que interfere na circulação do trânsito, e exige a atenção dos veículos.

Junction: Interseção em nível de duas vias, e apresenta regras específicas para a interação dos usuários com sua superfície.

Road: Superfície por onde transitam todos os usuários das vias terrestres, composta de faixas (RoadLanes).

RoadLane: Subdivisões longitudinais de uma via que delimitam o espaço de circulação dos veículos.

Traffic: O conjunto de usuários da via em movimento no ambiente.

SafeGap: Espaço seguro para que um usuário execute uma manobra. Uma das grandes dificuldades é representar o conceito abstrato de “segurança” referente a este objeto.

Signalization: Objetos que ordenam ou dirigem a circulação no ambiente.

RoadSign: Objeto que informa os usuários sobre normas de circulação ou condições do ambiente. Ex: Placas de Trânsito.

TrafficLight: Objeto de sinalização luminosa, que indica a prioridade de passagem no local. Ex: Semáforo.

RoadMarking: Objeto de sinalização horizontal que informa os usuários sobre normas de circulação ou condições do ambiente. Ex: Faixa de Pedestre.

Na figura 2 são apresentadas as ações presentes em um ambiente de trânsito. As ações foram criadas a partir dos objetos da ontologia, representando as possíveis ações que o agente poderá tomar para interagir com os objetos do trânsito. Essas ações são descritas da seguinte forma:

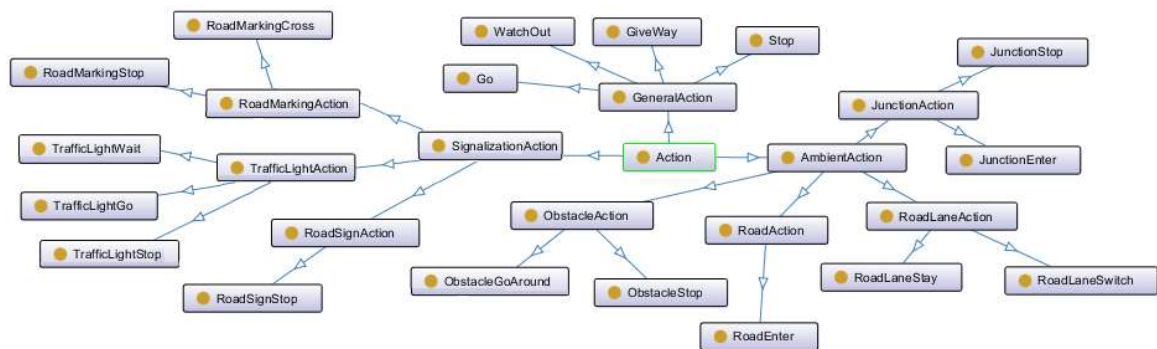


Figura 2. Road Junction Ontology - Ações

Action: As ações que o VA possui para interagir com os objetos do trânsito.

GeneralAction: Ações generalizadas, aplicáveis em contextos simples e necessárias para representar o possível comportamento do VA em diferentes situações.

Go: Ir, mover o veículo.

Stop: Parar, imobilizar o veículo.

WatchOut: Observar, averiguar a segurança da situação.

GiveWay: Dar passagem a outro usuário.

AmbientAction: Ações que interagem com o ambiente.

JunctionAction: Ações que interagem com cruzamentos.

JunctionEnter: Adentrar um cruzamento.

JunctionStop: Parar diante de um cruzamento.

ObstacleAction: Ações que interagem com obstáculos.

ObstacleGoAround: Desviar de um obstáculo.

ObstacleStop: Parar diante de um obstáculo.

RoadLaneAction: Ações que interagem com as faixas de circulação.

RoadLaneStay: Permanecer na faixa.

RoadLaneSwitch: Mudar de faixa.

RoadAction: Ações que interagem com as vias.

RoadEnter: Adentrar uma via.

SignalizationAction: Ações que interagem com a sinalização.

RoadSignAction: Ações que interagem com placas.

RoadSignStop: Parar diante de uma placa.

TrafficLightAction: Ações que interagem com os semáforos.

TrafficLightGo: Avançar diante de um semáforo.

TrafficLightStop: Parar diante de um semáforo.

TrafficLightWait: Aguardar a permissão de passagem.

RoadMarkingAction: Ações que interagem com a sinalização horizontal.

RoadMarkingStop: Parar diante de sinalização horizontal.

RoadMarkingCross: Atravessar sinalização horizontal.

4. Considerações Finais

Este trabalho visa obter conclusões referentes a questões presentes na literatura de VA's, como aquelas levantadas por Prakken [Prakken 2017] e Vellinga [Vellinga 2017]: quais meios podem ser utilizados para a representação das regras de trânsito para o contexto de um VA; quais são as limitações de um VA no que se refere a compreensão e execução das regras de trânsito; e quais mudanças podem ser necessárias na legislação de trânsito para a adequação do uso de VA's. A partir do trabalho de Alves et. al [Alves et al. 2018], este artigo propôs, de forma generalizada, a representação de conceitos que fossem comuns a dois conjuntos de regras diferentes, considerando a possibilidade de mobilidade internacional de um VA. Para criar esta representação foi necessária a generalização de objetos e ações, tentando adequar ambas as legislações em uma única representação que ainda fizesse sentido no contexto individual das regras de trânsito dos países.

Como trabalho futuro, pretende-se implementar está ontologia, permitindo que um sistema inteligente a utilize como uma base de conhecimento, então incorporar a ontologia em um agente inteligente modelado como um VA utilizando a linguagem de programação de agentes *Gwendolen* [Dennis 2017]. Após a incorporação da ontologia no agente, será possível realizar a verificação formal do comportamento do VA em relação às regras de trânsito, através da ferramenta AJPF (*Agent Java Pathfinder*) [Dennis et al. 2012]. Devido à generalização da ontologia, existe também a possibilidade de estender a representação, de forma a englobar conceitos além daqueles que se referem a cruzamentos urbanos.

Referências

- Alves, G. V., Dennis, L., and Fisher, M. (2018). Formalisation of the Rules of the Road for embedding into an Autonomous Vehicle Agent. In *International Workshop on Verification and Validation of Autonomous Systems*, pages 1–2, Oxford, UK.
- BRASIL, D. (1997). Código brasileiro de trânsito. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9503.htm.
- Cimiano, P., Unger, C., and McCrae, J. (2014). Ontology-based interpretation of natural language. *Synthesis Lectures on Human Language Technologies*, 7(2):1–178.
- Dennis, L. A. (2017). *Gwendolen Semantics: 2017*. Technical Report ULCS-17-001, University of Liverpool, Department of Computer Science.
- Dennis, L. A., Fisher, M., Webster, M. P., and Bordini, R. H. (2012). Model checking agent programming languages. *Automated Software Engineering*, 19(1):5–63.
- Department for Transport, U. (2017). Using the road (159 to 203) - The Highway Code - Guidance - GOV.UK.
- Freitas, A., Bordini, R. H., and Vieira, R. (2017). Model-driven engineering of multi-agent systems based on ontology. *Applied Ontology*, 12(2):157–188.
- Gomes, L. (2014). Hidden obstacles for google's self-driving cars. *MIT Technology Review*.

- Herrmann, A., Brenner, W., and Stadler, R. (2018). *Autonomous driving: how the driverless revolution will change the world*. Emerald Publishing, Bingley North America Japan India Malaysia China, first edition. OCLC: 1031123857.
- Prakken, H. (2017). On the problem of making autonomous vehicles conform to traffic law. *Artificial Intelligence and Law*, 25(3):341–363.
- Silberg, G., Wallace, R., Matuszak, G., Plessers, J., Brower, C., and Subramanian, D. (2012). Self-driving cars: The next revolution. *White paper, KPMG LLP & Center of Automotive Research*, page 36.
- Vellinga, N. E. (2017). From the testing to the deployment of self-driving cars: legal challenges to policymakers on the road ahead. *Computer Law & Security Review*, 33(6):847–863.
- Wooldridge, M. and Jennings, N. R. (1995). Intelligent agents: Theory and practice. *The knowledge engineering review*, 10(2):115–152.