

# Uma comparação entre soluções de smart parkings baseados em agentes inteligentes

Alexandre Lizieri Leite Mellado, Gleifer Vaz Alves, André Pinz Borges

<sup>1</sup>Departamento Acadêmico de Informática  
(UTFPR) Universidade Federal Tecnológica do Paraná

mellado@alunos.utfpr.edu.br, {gleifer, apborges}@utfpr.edu.br

**Abstract.** *The traffic of vehicles in urban areas increases when drivers are searching for a parking space. Intelligent parking lots help in this search by optimizing and managing the available vacancies with the help of multi-agent systems (MASs). In this paper we analyze the characteristics of MASs in the field of Smart Parkings, such as: action policies, MAS hierarchy and communication between agents. The objective is to compare these characteristics to identify similarities and differences between the developed MAS. The first results help us to identify some features related to the development of smart parking solutions, which will be useful in the forthcoming stages of our work.*

**Resumo.** *O tráfego de veículos em áreas urbanas aumenta quando motoristas trafegam em busca de uma vaga de estacionamento. Estacionamentos inteligentes auxiliam nesta busca otimizando e gerenciando as vagas disponíveis com auxílio de Sistemas Multi-Agentes (SMAs). Neste artigo são analisadas características de SMAs no domínio de Smart Parkings, tais como: políticas de ações, hierarquia do SMA e comunicação entre agentes. O objetivo é comparar tais características para identificar semelhanças e diferenças entre os SMAs desenvolvidos. Os resultados preliminares ajudam a identificar algumas características no desenvolvimento de soluções para smart parkings, as quais serão úteis nas próximas etapas deste trabalho.*

## 1. Introdução

Um dos problemas mais desafiadores a serem resolvidos é o do estacionamento em áreas urbanas. Estudos [Polycarpou et al. 2013] mostram que motoristas, ao procurarem por um espaço de estacionamento, desperdiçam tempo e combustível, aumentando o congestionamento e a poluição do ar. Nem sempre é possível resolver o problema criando mais vagas de estacionamento, o necessário é o desenvolvimento de instalações de estacionamento inteligentes.

Smart City (do inglês, Cidade Inteligente) é um conceito que propõe o desenvolvimento de soluções para essas dificuldades encontradas no ambiente urbano [Di Napoli et al. 2014]. Parte do Smart City, o Smart Parking (do inglês, Estacionamento Inteligente) faz uso de dispositivos e novas tecnologias para otimizar o uso e gerenciamento de um estacionamento [Di Napoli et al. 2014].

Existem maneiras de desenvolver uma solução que segue as ideias do Smart Parking. Este trabalho mostra uma comparação entre algumas soluções que utilizam de agentes racionais. Um agente inteligente racional é uma entidade computacional que percebe

o seu ambiente por meio de sensores, compreende o ambiente e realiza ações neste ambiente por meio de atuadores [Wooldridge 2009].

Um abordagem adotada de atitude mental de um agente é a *Belief-Desire-Intention* (do inglês, crença-desejo- intenção, BDI). A suposição essencial do modelo BDI é que as ações são derivadas de um processo de raciocínio prático, que é composto de duas etapas [Wooldridge 2003]. Na primeira etapa, a definição de objetivos, um conjunto de desejos é selecionado para ser alcançado, de acordo com a situação atual dos conhecimentos do agente. A segunda etapa é responsável pela determinação de como esses objetivos podem ser alcançadas por meio das opções disponíveis para o agente.

Este artigo está organizado da seguinte maneira. A seção 2 apresenta trabalhos de pesquisa que são relacionadas a soluções de Smart Parking utilizando agentes. A seção 3 mostra uma comparação entre estes trabalhos analisados. Por fim a seção 4 descreve as considerações finais do trabalho.

## **2. Análise de Smart Parking baseados em agentes**

Os trabalhos analisados foram escolhidos a partir da busca “Agents Smart Parking” no Portal Capes. O objetivo é analisar os principais aspectos no desenvolvimento de sistemas que utilizam SMAs para smart parking. Existem outros artigos como [Mahmud et al. 2013] e [Lin et al. 2017] que objetivam fazer uma comparação de soluções de smart parking, neste artigo procura-se delinear uma comparação daqueles sistemas que utilizam soluções baseadas em agentes.

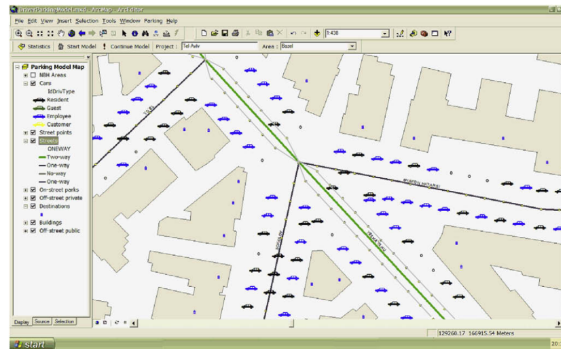
### **2.1. Modelo PARKAGENT**

Em [Benenson et al. 2008] é apresentado PARKAGENT, um modelo espacial que constrói em SIG (Sistema de Informação Geográfica) um modelo de ambiente urbano com camadas que representam cada elemento da infraestrutura de tráfego pertinente ao processo de estacionamento. O modelo também é baseado em agentes que funcionam como os motoristas que dirigem até o destino, procuram por um estacionamento, estacionam e deixam o local quando suas atividades no destino terminam.

O modelo contém regras que descrevem o comportamento desses agentes drivers (motoristas) e incluem uma descrição da reação de cada agente driver à falta de estacionamentos, diferenças de preços e comportamentos de outros agentes. As ações de direção, busca de estacionamento, estacionar e saída do agente, também estão contidas nestas regras.

A cada iteração (passagem de tempo), cada agente driver pode realizar um movimento. O tamanho desse movimento depende da velocidade do veículo deste agente. Quando um agente driver se aproxima de uma junção ele deve decidir qual direção tomar para alcançar seu destino. No modelo, essa decisão é baseada na comparação da distância até o destino da junção atual e de todos os cruzamentos seguintes. O modelo assume que o agente possui algum conhecimento da cidade e, assim, seleciona uma trajetória mais curta possível. Os agentes são criados no modelo a uma distância determinada do destino (250 metros), e então se tornam “cientes” da necessidade de começar a procurar estacionamento.

Durante a busca de estacionamento, a velocidade de cada carro permanece entre 20 e 25 km/h. Nesse momento cada agente passa a verificar estacionamentos em sua



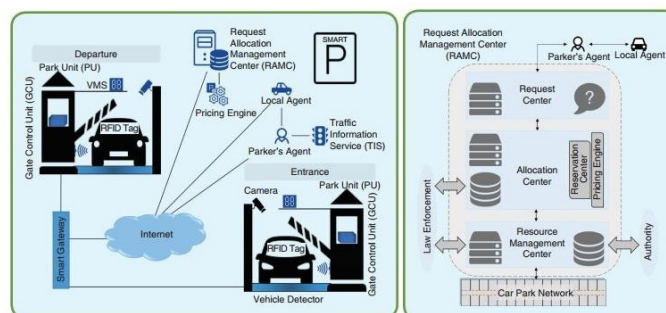
**Figura 1. As camadas básicas e derivadas do modelo PARKAGENT na janela do modelo do ArcGIS. Fonte: [Benenson et al. 2008]**

área. A velocidade é reduzida para 10 a 12 km/h quando o agente passa a observar qual vaga estacionar. Os agentes driver conseguem verifica se o espaço a frente está livre ou não. Caso ocupado o seu avanço é interrompido. A ordem em que os carros avançam é estabelecida aleatoriamente a cada iteração. Agentes são separados em grupos que implicam em seu destino, tempo de chegada e tempo estacionado.

## 2.2. Sistema ASPIRE

No artigo [Rizvi et al. 2018] é utilizado um agente de software em nuvem que determina a vaga de estacionamento mais apropriada para um motorista em uma rede de estacionamentos. Cada veículo no sistema contém um agente local com as preferências de seu motorista. Um agente parker na nuvem gerencia a alocação de vagas de cada agente local. Este agente é capaz de interagir com serviços de tráfego, clima e emergência relacionados para encontrar a vaga que confere com as preferências do agente local: categoria da vaga, o preço máximo aceitável do estacionamento e tempo tolerado de caminhada até o seu destino a partir dessa vaga.

ASPIRE necessita de 4 blocos para controlar os estacionamentos. O primeiro e segundo bloco são esquematizados na figura 2. O primeiro é a Park Unit (PU) que utiliza uma etiqueta RFID mantida no veículo escaneada nos portões de entrada e saída dos estacionamentos para autenticação e rastreamento do motorista e agente local.



**Figura 2. Principais blocos do sistema ASPIRE. Fonte: [Rizvi et al. 2018]**

O segundo bloco é o Request Allocation Management Center (RAMC). Este bloco registra, salva e processa informações fornecidas pelas PUs. A transferência de dados ocorre entre a UCP e o RAMC, o RAMC possui três subsistemas (centros) principais:

de requisição, de alocação e de gerenciamento de recursos. O terceiro bloco é o Agente Parker que tem a função de definir a vaga adequada a partir de informações de serviços relacionados e dos dados recebidos do bloco CGAS. O quarto bloco é o Agente Local, que gerencia as preferências do motorista e se comunica com o agente parker realizar pedidos.

### **2.3. Cooperative Car Parking**

Em [Aliedani and Loke 2018] é foi desenvolvido de um Sistema multiagente aberto no qual os veículos (agentes) entram e saem frequentemente do estacionamento e comunicam entre si oportunamente quando estão em uma distância DSRC um do outro. O objetivo dessa comunicação entre agentes é compartilhar informações e conselhos entre si com o intuito de ajudar uns aos outros a encontrar uma vaga o mais próxima possível do destino.

Todo veículo contém um software de agente responsável por cooperar com outros veículos e um aparelho DSRC (Comunicação Dedicada de Curto Alcance) para comunicação wireless entre agentes. O agente inicia a busca por vaga com uma crença de que existe menos vagas perto do destino e elas aumentam ao se distanciar do mesmo. A área do estacionamento é dividida em setores baseados na distância até o destino e os veículos são equipados com sensores para informar o agente ao detectar vagas vazias e ocupadas.

A vaga mais próxima do destino é escolhida pelo agente, o qual então se move em direção a ela. O veículo transmite periodicamente mensagens compartilhando suas intenções com outros carros. Os veículos reúnem conhecimento sobre a demanda (por vagas de estacionamento) de setores. Um veículo pode mudar sua intenção de vaga se perceber que ela está ocupado ou foi selecionada por outros agentes.

Caso o agente verifique que no setor pretendido há outra vaga livre, com base no conhecimento do agente, este seleciona a vaga como sua próxima intenção. Caso contrário, uma nova avaliação da utilidade dos setores disponíveis restantes é calculada. O agente seleciona a área de maior utilidade para se mover, ou seja, uma vaga dessa área de serviço mais alta seria selecionado como nova intenção de vaga. Um veículo pode decidir alterar seu setor de pesquisa de destino em diferentes intervalos de tempo com base em quando reconhece a falta de chance de estacionar na área de destino atual.

### **2.4. Smart Parking Guidance**

O sistema, proposto em [Shin and Jun 2014], destina o carro à uma vaga usando uma regra de despacho baseada na avaliação dos valores de dois tipos de funções de utilidade de estacionamento. A atribuição do carro solicitante à um determinado estacionamento deve ser feita considerando-se as características dinâmicas do estacionamento, como seu uso, a condição do tráfego, a conveniência do usuário e assim por diante. São considerados vários fatores dinâmicos para a alocação do veículo: tempo de viagem do local atual para o estacionamento, distância do estacionamento até o destino, custo do estacionamento, probabilidade de disponibilidade de vagas e congestionamento de tráfego até o estacionamento.

Em [Shin and Jun 2014] são considerandos cinco objetos: estacionamento, sistema de gestão de estacionamentos, servidor central, dispositivo de navegação e o motorista. Cada estacionamento dispõe de um sensor que atualiza a sua disponibilidade. Essa

informações são enviadas ao sistema de gestão de estacionamentos que coleta o status de todos os estacionamentos conectados. O servidor central recebe esses dados do sistema de gestão e os armazena em seu banco de dados.

O processo de alocação começa no momento em que motorista requisita uma vaga pelo dispositivo de navegação em seu carro. O motorista insere o seu destino e a requisição é enviada ao servidor central junto com suas preferências e informações como: local atual do veículo, distância até estacionamentos perto do destino, e distancia de caminhada dos estacionamentos até o destino. O servidor central, um agente, escolhe uma vaga que mais confere com situação atual do motorista, suas preferências e status dos estacionamentos. A vaga é sugerida ao motorista o qual pode escolher reservar a vaga ou dirigir até o local sem essa reserva. O custo do estacionamento começa a ser calculado a partir do momento dessa reserva.

### 3. Resultados e Discussão

A partir da análise dos artigos mostrados, observa-se que as soluções de Smart Parking são bastante variadas. A tabela 1 mostra algumas características semelhantes encontradas nestes quatro artigos. É possível perceber que podem existir inúmeras combinações de configurações de Smart Parking. Logo, sem um maior número de sistemas analisados, é difícil chegar a uma conclusão abrangente.

	<b>Parkagent</b>	<b>Aspire</b>	<b>CCP</b>	<b>SPG</b>
Hierarquia	Descentralizado	Centralizado	Descentralizado	Centralizado
Qtde. de Estacionamentos	Vários	Vários	Um	Vários
Comunicação	Nenhuma	Agentes com Agente Gerente	Agentes com outros Agentes	Agentes com Servidor Central
Preferências Satisfeitas	Custo e Distância	Tipo de Vaga, Custo e Tempo	Nenhuma Explícita	Disponibilidade, Custo, Trafego, Tempo e Distância
Politica de Ações	Utilização de Regras Pré-Definidas	Determinado pelo Agente Gerente	Utilização de Crenças e Cooperação entre Agentes	Determinado pelo Servidor Central

**Tabela 1. Características dos sistemas analisados**

Dois dos sistemas possuem uma hierarquia descentralizada. Em [Benenson et al. 2008] os agentes realizam ações para buscar por uma vaga a partir regras definidas no modelo. Em [Aliedani and Loke 2018] os agentes cooperam entre si para encontrar uma vaga o mais próximo do destino. Os outros dois sistema utilizam de uma hierarquia centralizada. Em [Rizvi et al. 2018] o agente parker controle as ações e escolhe as vagas dos agentes clientes. Em [Shin and Jun 2014] um servidor central defini os passos dos agentes que requisitaram uma vaga.

O sistema [Aliedani and Loke 2018], diferentemente dos outros demais implementa apenas um estacionamento. Apenas em [Benenson et al. 2008] não é realizado nenhuma comunicação entre agentes. Nos outros sistemas é feito ou uma interação com um agente gerente [Rizvi et al. 2018], com outros agentes [Aliedani and Loke 2018] ou com um servidor central [Shin and Jun 2014].

Os sistemas desenvolvidos em [Benenson et al. 2008], [Rizvi et al. 2018] e [Shin and Jun 2014] consideram preferências do motorista ao encontrar uma vaga. Os três consideram o preço do estacionamento. O segundo e quarto sistema consideram o tempo gasto de maneiras diferentes. O segundo considera o tempo de caminhada até seu

destino e o quarto consideram tempo de viagem até o estacionamento. Apenas o segundo considera o tipo de vaga desejada. O primeiro e o quarto consideram a distância até o destino. Apenas o quarto considera disponibilidade de vagas e o tráfego até o estacionamento como preferências do motorista. O sistema [Aliedani and Loke 2018] não utiliza explicitamente nenhuma preferência do motorista, mas é utilizado uma crença que vagas mais próximas do destino são mais desejáveis.

#### 4. Conclusão

Neste artigo foi comparados quatro SMAs que gerenciam a busca por vagas em estacionamentos inteligentes. Foram detalhadas as características de como cada sistema funciona e quais são suas prioridades, para identificar semelhanças e diferenças entre os SMAs. Foi identificado que ao existir inúmeras maneiras de desenvolver um Smart Parking é difícil chegar a uma conclusão abrangente ao comparar trabalhos sobre o mesmo. Deve-se considerar os resultados adquiridos neste artigo, principalmente do sistema ASPIRE, como base de desenvolvimento para o futuro. Como próximo trabalho será desenvolvido um sistema multiagente capaz de alocar vagas considerando variáveis de ambiente. Como, por exemplo, aplicar uma reorganização dinâmica das vagas do estacionamento, em termos de preço e tipo, quando ocorre um evento diferenciado (e.g., uma partida esportiva). Ou seja, muda o ambiente, mudam as demandas dos motoristas, por conseguinte altera-se o mecanismo de gerência e alocação das vagas.

#### Referências

- Aliedani, A. and Loke, S. W. (2018). Cooperative car parking using vehicle-to-vehicle communication: An agent-based analysis. *Computers, Environment and Urban Systems*.
- Benenson, I., Martens, K., and Birfir, S. (2008). Parkagent: An agent-based model of parking in the city. *Computers, Environment and Urban Systems*, 32(6):431–439.
- Di Napoli, C., Di Nocera, D., and Rossi, S. (2014). Negotiating parking spaces in smart cities. In *Proceeding of the 8th International Workshop on Agents in Traffic and Transportation, in conjunction with AAMAS*.
- Lin, T., Rivano, H., and Le Mouël, F. (2017). A survey of smart parking solutions. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 18(12):3229–3253.
- Mahmud, S., Khan, G., Rahman, M., Zafar, H., et al. (2013). A survey of intelligent car parking system. *Journal of applied research and technology*, 11(5):714–726.
- Polycarpou, E., Lambrinos, L., and Protopapadakis, E. (2013). Smart parking solutions for urban areas. In *2013 IEEE 14th International Symposium on "A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks" (WoWMoM)*, pages 1–6. IEEE.
- Rizvi, S. R., Zehra, S., and Olariu, S. (2018). Aspire: An agent-oriented smart parking recommendation system for smart cities. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*.
- Shin, J.-H. and Jun, H.-B. (2014). A study on smart parking guidance algorithm. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 44:299–317.
- Wooldridge, M. (2003). *Reasoning about rational agents*. MIT press.
- Wooldridge, M. (2009). *An introduction to multiagent systems*. John Wiley & Sons.