

Modelo de Raciocínio e Protocolo de Negociação para um Estacionamento Inteligente com Mecanismo de Negociação Descentralizado

Felipe Felix Ducheiko¹, Gleifer Vaz Alves¹

¹Departamento Acadêmico de Informática
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Caixa Postal 84.016 – 210 – Ponta Grossa – PR – Brasil

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

Abstract. *In large cities usually a driver will waste time or will drive a long way until find a free parking spot. Therefore, wasting fuel and generating traffic jams. Thinking about it the MAPS project (MultiAgent Parking System) is designed to develop a smart parking using multi-agent system techniques. This multiagent system to allocate parking spots has a centralized negotiation mechanism. The present work proposes a reasoning model and negotiation protocol to implement a decentralized negotiation mechanism in the MAPS project.*

Resumo. *Em grandes cidades normalmente um motorista gasta uma considerável parcela de tempo ou percorre longas distâncias para encontrar uma vaga de estacionamento livre, ocasionando desperdício de combustível e gerando engarrafamentos. Pensando nisto o projeto MAPS (MultiAgent Parking System) é idealizado com objetivo de desenvolver um smart parking (estacionamento inteligente) utilizando técnicas de sistema multiagente. Este sistema multiagente para alocação de vagas de estacionamento possui um mecanismo de negociação centralizado. O presente trabalho propõe um modelo de raciocínio e protocolo de negociação para implementar um mecanismo de negociação descentralizado no projeto MAPS.*

1. Introdução

O conceito *Smart City* surgiu durante a última década com a fusão de várias ideias, a essência do conceito é integrar as tecnologias que até agora têm sido desenvolvidas separadamente, mas que tem ligações claras em seu funcionamento e podem ser desenvolvidas de forma integrada [Batty et al. 2012]. Dentre os desafios a serem enfrentados pelas cidades destacam-se os de mobilidade urbana. Estima-se que em Nova York 40% dos congestionamentos são ocasionados por motoristas buscando vagas de estacionamento [Koster et al. 2014].

Quando se percebe que a demanda de vagas de estacionamentos não está sendo satisfeita a solução adotada normalmente é um aumento quantitativo do número de vagas. Porém, a utilização das mesmas vagas de modo mais inteligente pode amenizar ou até solucionar o problema. *Smart Parkings* são sistemas compostos por dispositivos de *hardware*, capazes de detectar o nível de ocupação do estacionamento e *softwares* integrados, para gerir a atribuição desses espaços de estacionamento [Nocera et al. 2014]. Tais sistemas são concebidos para auxiliar os motoristas na localização de vagas disponíveis,

colaborando com a solução de problemas relacionados à mobilidade urbana. Dentre os vários modelos computacionais que podem ser utilizados para implementar um *Smart Parking* destacam-se os Sistemas Multiagentes (SMAs).

SMAs são sistemas compostos de vários elementos computacionais que realizam interações ente si, de modo a atingirem seus objetivos, sendo tais elementos conhecidos como agentes. Esses agentes possuem duas características importantes: primeiramente são capazes de ações autônomas e em segundo lugar têm a capacidade de interagir uns com os outros pela interação análoga às interações sociais humanas [Wooldridge 2009]. SMAS tem raízes na Inteligência Artificial e possuem características excepcionais para simular e testar cenários para apoiar a tomada de decisão [Mensonides et al. 2008].

Por meio das habilidades sociais agentes devem ser capazes de negociar uns com os outros, afim de solucionar problemas de forma distribuída, como ocorre em sociedades. Negociação é um processo complexo de tomada de decisão em que cada parte representa de forma autônoma seus pontos de vista e interage com as outras para resolver conflitos e chegar a acordos, maximizando os ganhos de todas as partes [Choi et al. 2001].

Para desenvolver um mecanismo de negociação é possível utilizar três configurações: i) *one-to-one*: onde um agente negocia somente com um agente, neste caso os agentes possuem preferências simétricas; ii) *many-to-one* (centralizado): nesta configuração, um único agente negocia com vários agentes, como acontece em um leilão; e iii) *many-to-many* (descentralizado): neste caso, muitos agentes negociam com muitos agentes simultaneamente, como acontece em um mercado [Wooldridge 2009].

Com o objetivo de aplicar métodos e técnicas de Sistema Multiagente na criação de soluções para alocação de vagas e gerenciamento de um *Smart Parking* foi concebido o projeto MAPS (*MultiAgent Parking System*) [Castro et al. 2017]. O SMA desenvolvido no MAPS possui um mecanismo de negociação centralizado, onde todos os agentes motoristas negociam exclusivamente com o agente administrador. Esta abordagem possui vantagens, como o fato dos agentes motoristas trocarem mensagem apenas com o agente administrador, diminuindo o custo computacional. Mas também possui desvantagens, visto que o agente administrador pode falhar, deste modo comprometendo todo o SMA. Outro ponto negativo é a questão da autonomia dos agentes, visto que os agentes motoristas em um sistema com mecanismo de negociação centralizado ficam sujeitos as imposições do agente administrador.

Para o desenvolvimento de agentes autônomos com capacidades sofisticadas e flexíveis de negociação três itens devem ser definidos: i) protocolo de negociação, o qual define as ações que os agentes podem tomar em uma negociação; ii) o problema que a negociação quer solucionar; e iii) Modelo de raciocínio, o qual define as ofertas iniciais, a gama de ofertas aceitáveis, as contraofertas, quando a negociação deve ser abandonada e quando um acordo deve ser fechado [O'Hare and Jennings 1996]. O objetivo do presente trabalho é estender o projeto MAPS, propondo um Modelo de Raciocínio e o Protocolo de Negociação que servirá como base para implementar um SMA para alocação de vagas de estacionamento com um mecanismo de negociação descentralizado.

2. Modelo de Raciocínio

Modelagem computacional pode facilitar processos de negociação, computando uma ampla gama de alternativas e examinando seus resultados em busca de tendências

[Oliver 1996]. Para modelar computacionalmente problemas utilizando técnicas de negociação em SMAs os agentes devem ser capazes de gerar, por meio de táticas, ofertas e contraofertas. Táticas são o conjunto de funções que determinam como calcular o quão valioso é um determinado recurso, por meio de características como preço, volume, duração, qualidade, entre outros e considerando um critério, como tempo, recursos, distância, entre outros [Faratin et al. 1998]. Táticas são geradas por combinações lineares de funções simples, sendo que o conjunto de valores utilizados para avaliar o quão valioso é um recurso é a Imagem da função e o critério utilizado é o Domínio [Faratin et al. 1998]. No decorrer desta seção serão apresentadas algumas funções geradoras de táticas para o contexto de *Smart Parking* com mecanismo de negociação distribuído.

O modelo de raciocínio aqui proposto assume a existência de apenas um tipo de agente no SMA, o agente motorista, o qual pode assumir dois papéis distintos: vendedor, quando o agente está deixando uma vaga e comprador, quando o agente está procurando uma vaga. Neste modelo a negociação é iniciada pelo agente motorista vendedor, quando ele anuncia para todos os agentes próximos que está deixando uma vaga e deseja vendê-la.

Os motoristas que recebem a informação que a vaga está disponível para negociação e estão procurando uma vaga de estacionamento assumem o papel de comprador. Considerando que o agente no papel de comprador receba esta notificação de vaga disponível nas proximidades, então o agente comprador irá fazer uma proposta com base na função 1 (apresentada abaixo e desenvolvida pelos autores deste artigo) e envia para o motorista no papel de vendedor que ofertou a vaga. Os motoristas que recebem a oferta de vaga do vendedor e não estão procurando uma vaga ignoram a mesma.

$$P_c = 10 - \frac{Dist(PD, PV)}{25} \quad (1)$$

Onde: P_c = proposta do agente no papel de comprador, em unidade monetária geral (UMOG); $Dist()$ = distância entre dois pontos, em unidade de medida geral (UMEG); PD = ponto da localização onde o motorista comprador deseja obter a vaga; PV = ponto onde se localiza a vaga que o motorista vendedor está deixando.

A Função 1 gera um valor em UMOGs, valor este que o agente motorista comprador está disposto a pagar por esta vaga ofertada pelo agente vendedor e varia proporcionalmente a proximidade entre a vaga que está sendo ofertada e o local onde o motorista comprador deseja estacionar, em outras palavras, quanto mais próxima a vaga é do local onde ele deseja estacionar maior é o valor que ele estará disposto a pagar. Neste artigo utilizam-se as siglas UMOG e UMEG para representar unidades genéricas.

Destaca-se que neste artigo escolheu-se estabelecer um valor máximo que um motorista possa pagar para obter uma vaga, esse valor é igual a 10 UMOGs, isto acontecerá quando a vaga em questão estiver localizada exatamente no ponto onde o motorista desejava a vaga, isto é, a distância entre ponto desejado e o ponto da vaga é zero. Em relação à distância de vagas igualmente foi determinado um valor máximo para a distância de uma vaga, o qual é igual a 250 UMEGs. Se a vaga estiver numa distância maior que 250 UMEGs então a vaga não será considerada para negociação. A proposta enviada pelo motorista comprador para o motorista vendedor deve ser analisada, isto acontece por meio

da Função 2, que foi desenvolvida com base no trabalho de [Faratin et al. 1998].

$$CPv = \begin{cases} Se & Pc \geq MVV & Ent\tilde{a}o & ACEITAR \\ Se & Pc < MVV & \& & PC \geq \frac{MVV}{2} & Ent\tilde{a}o & CP(MVV) \\ Se & Pc < \frac{MVV}{2} & Ent\tilde{a}o & REJEITAR \end{cases} \quad (2)$$

Onde: CPv = contraproposta do vendedor; Pc = proposta do agente comprador; MVV = Média do Valor de Venda; $CP()$ = envia uma contraproposta para o comprador.

A Função 2 será utilizada para analisar a proposta do motorista comprador com base no valor médio das vagas próximas a vaga sendo negociada. O valor MVV é a média do valor de venda das vagas próximas e será obtido por meio de um histórico contendo as últimas negociações realizadas com sucesso que cada vaga do sistema possuirá registrado. A proposta recebida é aceita e o acordo é fechado se a proposta for maior ou igual ao valor médio das vagas próximas e rejeitado se for menor que a metade do valor médio das vagas próximas, em ambos os casos a negociação entre estes dois agentes acaba. Caso contrário uma contraproposta é gerada com base no valor médio das vagas próximas e enviada para o agente comprador. Caso o agente motorista comprador receba esta contraproposta a Função 3 é utilizada para avaliar a mesma.

$$U = \begin{cases} Se & (CPv - Pc) \leq (\delta * Pc) & Ent\tilde{a}o & ACEITAR \\ Se & n\tilde{a}o & REJEITAR \end{cases} \quad (3)$$

Onde: U = Ultimato; Pc = primeira proposta do comprador; CPv = contraproposta recebida do motorista vendedor; δ = variação da faixa de fechamento de acordo ($0 < \delta \leq 1$).

A Função 3 garante um fim a negociação, visto que ou a proposta é aceita e os agentes entram em um acordo ou a proposta é rejeitada sem que nenhum acordo seja fechado. A proposta é aceita quando a diferença entre a proposta inicial da negociação (Pc) e a contraproposta recebida (CPv) é inferior a δ %. Este valor de δ pode ser dinamicamente modificado, quanto mais próximo de 1 maior a gama de contraproposta que serão aceitas e mais próximo de 0 menor a gama de contraproposta que serão aceitas.

No início da negociação o agente motorista vendedor ficará por um determinado período aguardando propostas para a vaga ofertada. Depois que este tempo se esgotar o vendedor irá organizar as ofertas recebidas em ordem decrescente de seu valor e começará negociando da proposta mais alta para a mais baixa, podendo repetir este processo de negociação com vários agentes até que um acordo seja fechado. Porém, o agente vendedor poderá negociar com um comprador por vez, podendo apenas enviar uma contraproposta para um novo comprador após ter finalizado a negociação com o agente anterior.

Para que a negociação aconteça os agentes motoristas do SMA precisarão realizar transações de UMOGs, para tanto será necessário utilizar o conceito de carteira. Esta carteira consiste no número de UMOGs que o agente possui para negociar vagas, utilizando o conceito de carteira os motoristas compradores poderão transferir UMOGs para vendedores para pagar por sua vaga, e, estas UMOGs transferidas poderão ser utilizadas posteriormente para a negociação de novas vagas.

3. Protocolo de Negociação

Um protocolo de negociação é um conjunto de regras que especificam a gama de movimentos legais disponíveis para cada agente em qualquer fase de um processo de

negociação [Endriss et al. 2006]. A Figura 1 apresenta o protocolo de negociação que deverá ser utilizado para implementar o SMA para alocação de vagas de estacionamento com mecanismo de negociação descentralizado, utilizando como base o modelo de raciocínio apresentado na seção anterior. Este protocolo define que sempre a negociação

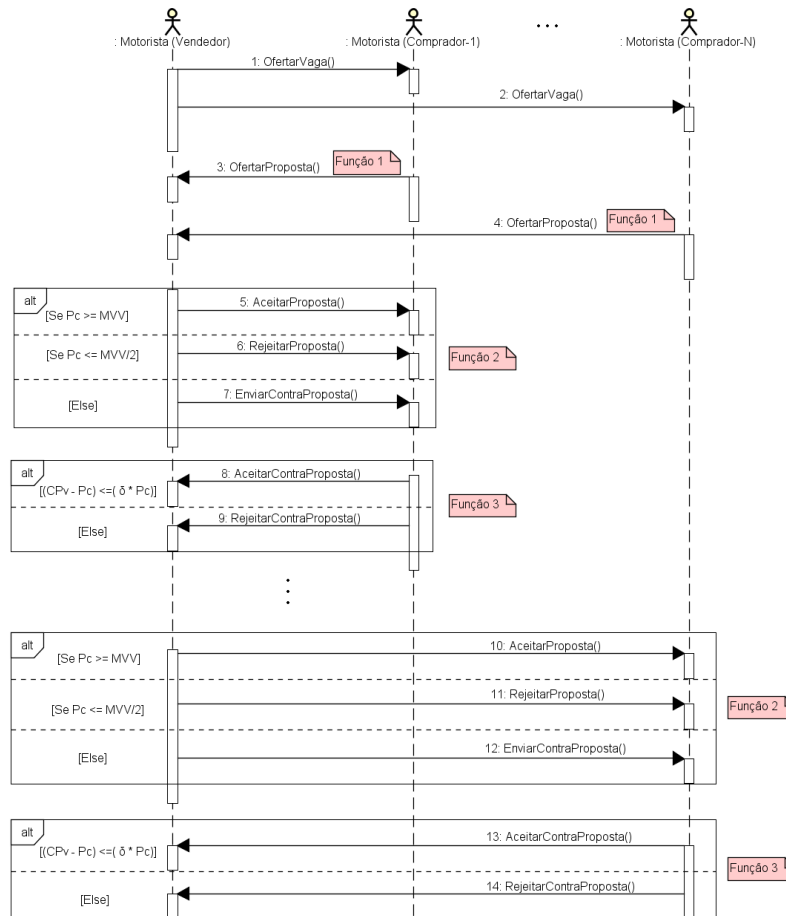


Figura 1. Protocolo de Negociação

deverá ser iniciada pelo agente motorista vendedor, informando os outros motoristas do sistema que possui uma vaga para negociar (1 e 2). Então, os agentes motoristas que estão procurando uma vaga (compradores) enviam uma proposta para este agente vendedor.

Os agentes compradores geram uma proposta, utilizando a Função 1, e a enviam para o motorista vendedor (3 e 4). Então, o motorista vendedor analisa estas propostas em ordem decrescente utilizando a Função 2, podendo tomar as seguintes decisões: (i) aceitar proposta (5), onde a negociação acaba e o acordo é fechado; (ii) rejeitar proposta (6), onde a negociação entre estes dois agentes acaba e o agente vendedor começa uma negociação com outro comprador; e (iii) enviar contraproposta (7), onde o agente vendedor gera uma contraproposta utilizando ainda a Função 2 e envia para o agente comprador.

Quando o agente comprador recebe esta contraproposta ele a analisa utilizando a Função 3 e pode tomar duas ações: (i) aceitar a contraproposta (8), onde um acordo entre os dois motoristas é fechado e a negociação acaba; e (ii) rejeitar contraproposta (9), onde a negociação entre estes dois agentes acaba e o agente vendedor inicia uma negociação com outro motorista comprador, isto se repete até que não haja mais agentes para negociar.

4. Considerações Finais

Estacionar em áreas de grande concentração urbana vem se tornando uma tarefa cada vez mais difícil, uma solução que pode ajudar a solucionar o problema é a implementação de tecnologias que auxiliem os motoristas a encontrarem vagas de estacionamentos livres. Este trabalho propõe um modelo de raciocínio e protocolo de negociação para um *Smart Parking* com mecanismo de negociação descentralizado, onde não existe a figura de um agente centralizador no sistema e todos os agentes independem de um módulo central buscando melhorar questões de mobilidade urbana.

Como sequência imediata deste trabalho, pretende-se desenvolver os seguintes passos: (i) implementar testes com as funções aqui propostas, buscando ajustar e calibrar os parâmetros e valores usados nas funções; (ii) implementar um SMA utilizando o modelo de raciocínio e protocolo de negociação aqui propostos; (iii) desenvolver modelos complementares de raciocínio e protocolo de negociação, para assim elaborar comparação entre os diferentes modelos implantados.

Referências

- Batty, M., Axhausen, K., Fosca, G., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., Ouzounis, G., and Portugali, Y. (2012). Smart cities of the future.
- Castro, L. F. S. D., Alves, G. V., and Borges, A. P. (2017). Using trust degree for agents in order to assign spots in a Smart Parking. *ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal*, 6(2):45–55.
- Choi, S., Liu, J., and Chan, S.-P. (2001). A genetic agent-based negotiation system. *Comput. Netw.*, 37(2):195–204.
- Endriss, U., Maudet, N., Sadri, F., and Toni, F. (2006). Journal of artificial intelligence research. *Negotiating Socially Optimal Allocations of Resources*, 25:315–348.
- Faratin, P., Sierra, C., and Jennings, N. (1998). Robotics and autonomous systems. *Negotiation decision functions for autonomous agents*, 24:159–182.
- Koster, A., Koch, F., and Bazzan, A. (2014). Incentivising crowdsourced parking solutions.
- Mensonides, M., Huisman, B., and Dignum, V. (2008). Towards agent-based scenario development for strategic decision support. In *Agent-Oriented Information Systems IV*, pages 53–72. Springer Berlin Heidelberg.
- Nocera, D. D., Napoli, C. D., and Rossi, S. (2014). A social-aware smart parking application. *ceur workshop proceedings*. 1260.
- O’Hare, G. M. P. and Jennings, N. R., editors (1996). *Foundations of Distributed Artificial Intelligence*. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA.
- Oliver, J. (1996). A machine-learning approach to automated negotiation and prospects for electronic commerce. *Journal of Management Information Systems*, 13(3):83–112.
- Wooldridge, M. (2009). *An Introduction to MultiAgent Systems*. J. Wiley, New York, 2nd edition.