

DETECÇÃO DE VAGAS LIVRES PARA MANOBRA DE ESTACIONAMENTO PARALELO AUTÔNOMO UTILIZANDO SENSOR LASER EM VEÍCULOS DE PASSEIO

Filipe dos Reis Darcie, filipe.darcie@usp.br¹
Rafael Coronel Bueno Sampaio, rafaelc@sc.usp.br¹
Kléber de Oliveira Andrade, pdjkleber@gmail.com¹
André Carmona Hernandes, andre.hernandes@usp.br¹
Marcelo Becker, becker@sc.usp.br¹

¹Escola de Engenharia de São Carlos – EESC – USP, Laboratório de Robótica Móvel – LabRoM, Av. Trabalhador São-carlense, 400, Pq. Arnold Schmidt, CEP 13566-590, São Carlos - SP

Resumo: A manobra de estacionamento paralelo, popularmente conhecida como baliza, é um dos maiores desafios para os motoristas. Condutores inexperientes e pessoas idosas em geral encontram grande dificuldade em executá-la. Este trabalho é parte integrante de um projeto maior que visa solucionar tais dificuldades através de um sistema de manobra autônoma. O sistema de baliza autônoma emprega redes neurais artificiais para processar dados como tamanho da vaga e posicionamento inicial do veículo a ser estacionado em relação aos que delimitam a vaga a ser ocupada, não levando em conta o meio fio. Este artigo trata da estimação do tamanho da vaga candidata e do ângulo de atitude do carro em relação à vaga. O cálculo das suas dimensões é executado a partir de dados coletados por dois sensores LASER (HOKUYO URG-04LX) instalados no veículo HELVIS, em escala reduzida. Foram utilizadas rotinas em MATLAB tratando-se a nuvem de pontos gerada pelos sensores através do método PDBS (Point Distance Based) na segmentação dos pontos e os métodos SVD (Singular Value Decomposition) e Regressão Linear na detecção dos cantos dos veículos que delimitam a vaga. A reta que passa por dois cantos consecutivos permite determinar qual é o posicionamento angular do carro em relação à vaga. Uma outra reta (de mesmo coeficiente angular) é traçada a uma distância que corresponda a profundidade da vaga necessária para a realização segura da manobra. Já a distância entre as intersecções dessa reta com as retas obtidas pela regressão linear dos pontos correspondentes à traseira e/ou dianteira dos carros que delimitam a possível vaga se refere ao comprimento desse espaço candidato a uma vaga útil. A validação da vaga candidata é realizada com base na ausência de obstáculos no seu interior e na compatibilidade de suas dimensões e a do veículo.

Palavras-chave: Mecatrônica, Robótica Móvel, Navegação, Sensores LASER, Singular Value Decomposition

1. INTRODUÇÃO

A manobra de estacionamento paralelo, popularmente conhecida como baliza, é um dos maiores desafios para os motoristas, principalmente jovens condutores e pessoas idosas por encontram nela grande dificuldade, seja por inexperiência, limitações visuais e motoras ou até mesmo nervosismo.

O crescimento da frota de veículos no Brasil (entre 2003 e 2009 o país passou da 10ª posição mundial em número de vendas de automóveis por ano para a 5ª (FENABRAVE, 2009)) vem diminuindo o já pequeno número de vagas livres para o estacionamento, principalmente nos grandes centros urbanos e tornando ainda mais complicado o ato de estacionar. Isto acaba obrigando os motoristas a serem mais ágeis, pois, caso não consigam encontrar uma vaga livre e realizar a manobra de maneira rápida podem provocar congestionamento e até mesmo acidentes.

Além de ser uma potencial causa de acidentes a manobra de estacionamento paralelo é a maior causa de reprovação nos exames práticos para a obtenção da CNH (Carteira Nacional de Habilitação). No estado de Minas Gerais, a porcentagem das reprovações provocadas por falhas na realização dessa manobra chegam a 66% (G1 – Jornal Hoje, 28/07/2011), demonstrando assim, a grande dificuldade na realização da manobra em um espaço simulado e totalmente controlado como o encontrado no dia do exame prático. Dificuldade essa que aumenta muito em uma situação real, na qual, é necessário a realização dessa manobra em meio ao trânsito.

Diante desse cenário, vários sistemas de auxílio a direção vem sendo desenvolvidos na tentativa de solucionar esse problema e alguns já equipam automóveis que já estão em fabricação em larga escala (Fig. 1), podendo ser citados a IPS Intelligent Parking Assist do Toyota Prius, o sistema de estacionamento instalado nos Sedans Lincoln MKS, no C4

Picasso da Citroën e no modelo de luxo Lincoln MKT da Ford que indicam se o automóvel cabe ou não na vaga, além do *Park Assistant* presente no modelo Tiguan da Volkswagen que realiza o estercamento do veículo cabendo ao motorista controlar somente o pedal do acelerador.



Figura 1. Carros Comerciais com sistema de Auxílio ao estacionamento

Neste cenário se enquadra o projeto SENA – Sistema Embarcado de Navegação Autônoma do LabRoM – Laboratório de Robótica Móvel – EESC – USP, que tem por finalidade desenvolver tecnologias assistivas a serem embarcadas e testadas em um veículo de passeio que sejam capazes de evitar acidentes, provendo assistência ao motorista em situações de risco iminente, melhorando a dirigibilidade do motorista através de assistência cooperativa e em casos extremos, atuando autonomamente em ambientes urbanos.

Visando solucionar o problema do estacionamento paralelo, está sendo desenvolvido um sistema que faça a manobra de modo autônomo (Andrade et al., 2011). A realização desta manobra está dividida em três grandes passos (Demirle e Khoshnejad, 2009):

- a) Procurar uma vaga livre: Busca de um espaço onde o veículo possa entrar, usualmente feito pela construção de um mapa local.
- b) Posicionar o veículo: se o espaço é válido, o veículo assume uma posição inicial da manobra, mantendo-se paralelo à vaga encontrada.
- c) Estacionar o veículo: a manobra em si, usualmente feita através do planejamento do caminho.

Esse trabalho está focado na primeira etapa do problema da manobra para realizar o estacionamento paralelo. Para encontrar vagas livres, os dados recebidos pelo sensoramento a laser de um robô móvel do tipo carro em escala reduzida são tratados de maneira pós-processada, utilizando os processos de *Singular Value Decomposition* (SVD) e de regressão linear para que se possa extrair da nuvem de pontos gerada pelos sensores informações referentes aos carros que delimitam o espaço candidato a vaga. De posse dessas informações é possível a determinação do tamanho da vaga e o ângulo de ataque do carro em relação a ela, não levando em conta qualquer informação referente ao meio-fio. Esses dados são cruciais para as próximas etapas do sistema em desenvolvimento, pois são esses os parâmetros utilizados na rede neural nele presente.

2. MÉTODOS

Para determinar o tamanho da vaga foram utilizados dados coletados por dois sensores HOKUYO URG - 04LX instalados em uma plataforma de desenvolvimento chamada HELVIS (*Hybrid Electric Vehicle in Low Scale*) (Sampaio et. al., 2010 e 2011) que é um carro híbrido em escala reduzida desenvolvido pelo LabRoM. O posicionamento dos sensores no carro gera uma região com oclusão, na qual não é possível obter-se nenhuma informação, pois a carenagem do próprio HELVIS e o espaçamento entre os dois sensores impede as leituras de uma região considerável na lateral do veículo. Isso faz com que o range útil de cada um dos HOKUYO caia de 240° para 180°.

Para que se possa determinar o tamanho da vaga é necessário que o robô HELVIS esteja posicionado da forma esquematizada na Fig. (2), com o sensor dianteiro detectando o carro “B”, um dos limitantes da vaga e o traseiro detectando o outro limitante, o carro “A”. Porém, nessa situação grande parte da região que corresponde à vaga está ocluída, não sendo possível, portanto, a verificação se a vaga está ou não realmente livre. Por isso, nesse momento é realizada somente a mensuração da vaga. Posteriormente, quando o carro começar o segundo passo da manobra de estacionamento, que é o posicionamento inicial, é realizada a verificação se a vaga está realmente livre, pois nessa situação o range do sensor traseiro abrange a totalidade da vaga.

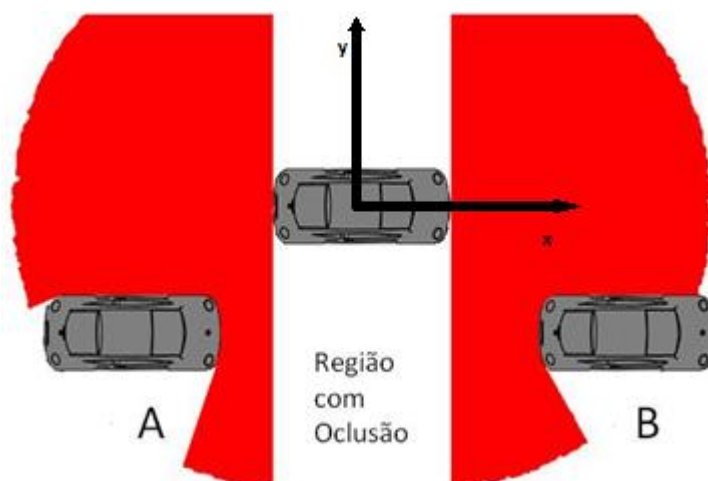


Figura 2. Esquema do problema do estacionamento

O processo de mensuração da vaga, por sua vez pode ser dividido em três etapas: aquisição e segmentação dos dados; reconhecimento dos *corners*; e determinação do posicionamento e dimensões do espaço candidato a vaga.

2.1. Aquisição e Segmentação dos Dados

A aquisição dos dados ocorre de maneira independente em cada um dos sensores, porém é necessária a junção das informações obtidas por ambos. Para isso, rotaciona-se em 180° todos os pontos gerados pelo sensor traseiro. Assim, obtém-se um range de cobertura de 360°. Porém, até esse passo, a distância entre os dois sensores não foi levada em conta, por isso, após a transformação das leituras de coordenadas polares para coordenadas retangulares é adicionada a metade do valor da distância entre sensores nas coordenadas x dos pontos referentes ao sensor dianteiro e subtrai-se o mesmo valor nas abscissas dos pontos referentes ao sensor traseiro. Agora sim a origem do sistema de coordenadas utilizado é transportada para o centro geométrico do veículo de teste. Infelizmente, a região com oclusão, que impede a verificação da existência de algum obstáculo no espaço que está sendo mensurado, continuará sempre presente.

Após essa aquisição e pré-processamento, a nuvem de pontos é segmentada utilizando as técnicas de segmentação chamadas PDBS (*Point Distance Based*) (Premebida e Nunes, 2005) que são relativamente simples de serem implementadas computacionalmente e não exigem grande capacidade de processamento, embora apresentem resultados bastante satisfatórios.

O PDBS determina se dois pontos consecutivos da leitura fazem ou não parte de um mesmo segmento comparando o valor da distância entre eles com um limite que pode ser uma constante ou variar de acordo com a distância entre o ponto detectado e o sensor. Foram testadas as técnicas propostas por Lee (2001), Santos, et al. (2003) e por Dietmayer, et al. (2001), porém optou-se por utilizar a última por apresentar os melhores resultados. Nesse caso a distância limite para a determinação se dois pontos consecutivos pertencem ou não a um único segmento é definida pela seguinte fórmula:

$$D_{lim} = C_0 + C_1 \min\{r_i, r_{i+1}\} \quad (1)$$

Sendo r_i os valores das distâncias, C_0 uma constante para a redução de ruído e $C_1 = \sqrt{2(1 - \cos \Delta\alpha)}$, com $\Delta\alpha$ correspondendo a variação angular entre as leituras de dois pontos consecutivos.

Com os dados segmentados é possível a realização dos testes para verificar se esse segmento corresponde ao canto de um dos carros que delimitam a vaga, além de permitir a eliminação dos segmentos pequenos que podem ser provenientes de ruído ou que podem não corresponder à leitura de um canto, diminuindo assim a ocorrência de falsos positivos além de diminuir a quantidade de dados a serem tratados, aumentando a agilidade do programa e diminuindo o custo computacional envolvido no processo.

2.2. Reconhecimento dos *corners*

Os segmentos da nuvem de pontos gerada pelos sensores que representam um automóvel, em sua grande maioria, possuem o formato semelhante a um “L”, esses tipos de segmentos são chamados de *corners*. Considerando que nos ambientes em que essas leituras serão feitas, que são a vias de tráfego, em geral carros geram esse tipo de leitura, a

detecção de *corners* fornece informações sobre a posição dos outros veículos (Jung et al., 2008), informações estas que são utilizadas para a determinação dos limites da vaga.

Levando-se em conta que um *corner* pode ser representado pelo encontro de duas retas ortogonais, cujas equações são apresentadas em (2):

$$\begin{aligned} l_1 : ax + by + c &= 0 \\ l_2 : bx - ay + d &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

os segmentos que apresentarem baixo erro de aproximação para uma reta, não poderão ser considerados um *corner*. Ou seja, se os N pontos do segmento satisfizerem l_1 somente, o vetor \mathbf{X} do sistema (3) deve ser não nulo.

$$\underbrace{\begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_N & y_N & 1 \end{bmatrix}}_{\mathbf{B}} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix}}_{\mathbf{X}} = 0 \quad (3)$$

Um método para se estimar os valores de a , b e c é a realização da decomposição SVD (*Singular Value Decomposition*) da Matriz \mathbf{B} , pois se existir vetor \mathbf{X} não nulo o qual torne o sistema (3) uma verdade, o menor valor singular gerado pela decomposição SVD da Matriz \mathbf{B} será nulo. Em contrapartida, se o menor valor singular for diferente de zero, este pode ser considerado o erro na aproximação do segmento para uma reta, sendo chamado de ε_{line} (Jung et al., 2008). Assim, quanto mais próximo ε_{line} estiver de zero, mais próximo de uma única reta os pontos descritos na matriz estão. Uma vez que, para ser considerado um *corner*, o segmento inteiro não pode apresentar linearidade, estabeleceu-se um limite ε_{ret} para o erro mínimo que ele deve apresentar para que possa ser considerado um candidato a um *corner*. Assim, se $\varepsilon_{line} > \varepsilon_{ret}$ o segmento não poderá ser considerado um reta, se tornando um candidato a *corner*.

O vértice do *corner*, que é o ponto que melhor aproxima o encontro de l_1 e l_2 , assim, considerando que o ponto n seja vértice, os pontos de 1 a n e os pontos de n a N devem satisfazer l_1 e l_2 respectivamente. Em (4) tem-se a representação matricial dessa situação:

$$\underbrace{\begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n & y_n & 1 & 0 \\ -y_n & x_n & 0 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -y_N & x_N & 0 & 1 \end{bmatrix}}_{\mathbf{A}_n} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix}}_{\mathbf{X}} = 0 \quad (4)$$

Para determinar qual ponto é o vértice do segmento também se utiliza da decomposição SVD, agora aplicada a matriz \mathbf{A}_n , sendo o menor valor singular o erro de aproximação do ponto n em relação ao vértice do segmento ($\varepsilon_{vértice}^n$), e, como no caso anterior, quão menor for $\varepsilon_{vértice}^n$, melhor o ponto n se aproxima do vértice do segmento analisado (Jung et al., 2008). Pode-se considerar, então, o erro da aproximação do segmento para um *corner* (ε_{corner}), o menor valor de $\varepsilon_{vértice}^n$, e o vértice desse possível *corner* representado pelo ponto n . Porém, se o valor de ε_{corner} for muito grande, maior que um limite ε_{lim} estabelecido, o segmento deixa de ser considerado um *corner*. Portanto, um segmento é considerado *corner*, se $\varepsilon_{corner} < \varepsilon_{lim}$.

A posição do vértice é corrigida para o ponto de cruzamento entre as retas resultantes pela regressão linear dos pontos de 1 a n e de n a N , pois esses pontos são de extrema importância para a última fase da do processo de mensuração da vaga pois servirão como referência para os métodos nela aplicados.

2.3. Determinação do posicionamento e dimensões do espaço candidato a vaga

A detecção de *corners* em si não retorna somente os carros que delimitam o espaço candidato a vaga, portanto, para determinar quais *corners* correspondem aos veículos que realmente delimitam essa possível vaga leva-se em conta o fato de que pela legislação de trânsito brasileira em vias de mão dupla somente se pode estacionar do lado direito. Nesse caso, no processo de mensuração da vaga somente são utilizados os dados colhidos do lado direito do carro, que, levando em conta o sistema de coordenadas apresentado na Fig. 2, são pontos com a coordenada y negativa. Porém vias de mão única é permitido o estacionamento em ambos os lados, fazendo com que os pontos do lado esquerdo também sejam analisados, mas de maneira independente dos localizados do lado direito.

Baseado nesses critérios, impede-se que um *corner* do lado direito do carro e um do lado esquerdo sejam analisados como limitantes de uma vaga. Porém, pode existir mais que dois *corners* de um só lado. Observando a Fig. 2 percebe-se que no momento em que é possível realizar a mensuração do espaço candidato a vaga o vértice do *corner* que corresponde ao veículo que delimita a parte dianteira da vaga deve sempre apresentar a coordenada x positiva. Já o vértice do que delimita a parte traseira apresenta a coordenada x negativa e, como o objetivo é extrair informações do

espaço entre dois *corners* consecutivos, nos casos em que forem detectados mais de dois *corners* em um único lado são considerados somente dois: os que apresentarem na coordenada x o maior valor negativo e o menor valor positivo.

Determinados quais os *corners* que realmente correspondem aos veículos que delimitam o espaço a ser analisado, tem-se a situação demonstrada na Fig. 3.

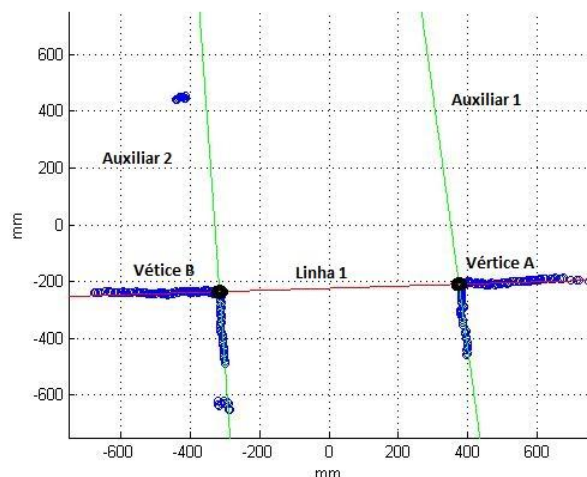


Figura 3. Leitura dos sensores da situação base para mensuração do espaço candidato a vaga

Assim pode-se traçar a **Linha 1** (em vermelho), ligando o **Vértice A** ao **Vértice B**, que divide a via por onde o veículo trafega e o interior da vaga. A partir dela é possível determinar a posição angular inicial da vaga, pois, como o sistema de coordenadas é fixo no carro, o ângulo de ataque do veículo a ser estacionado em relação a vaga é dada pela tangente do coeficiente angular dessa reta.

Para a determinação do comprimento desse espaço é traçada uma reta com o mesmo coeficiente angular e a uma distância pré-definida d da **Linha 1**, esta segunda reta pode ser chamada de **Linha 2**. A distância d corresponde a profundidade mínima que a vaga deve apresentar para que a manobra de estacionamento ocorra sem problemas. Dentre os cruzamentos de cada uma das duas retas **Auxiliares**, que são a regressão linear do conjunto de pontos que delimitam o espaço, e as **Linhas 1 e 2**, no que estiver mais próximo do eixo y é traçada uma reta perpendicular as **Linhas 1 e 2**. A distância entre as duas retas perpendiculares corresponde ao comprimento da vaga.

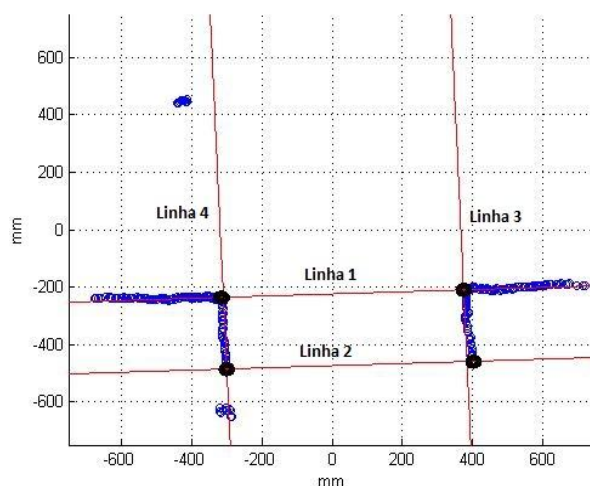


Figura 4. Linhas limitantes da vaga

3. RESULTADOS

Foram aplicados os métodos aqui descritos em alguns cenários montados no laboratório em que os espaços analisados eram delimitados por carrinhos de brinquedo com dimensões compatíveis às apresentadas pelo robô móvel HELVIS obtendo os seguintes resultados:

3.1. Cenário 1: Carros limitantes alinhados

Neste cenário os carros que delimitam a vagas estão parados alinhados, simulando a situação em que o estacionamento ocorre em um trecho em que a via é reta. A Fig. 5 demonstra o mapa gerado pelas leituras dos sensores bem como as linhas que delimitam a vaga mensurada. A aplicação dos métodos acima descritos permitiram determinar o tamanho da vaga, que nesse caso é de 785 mm, e o ângulo de ataque do carro em relação a vaga, que é de -1.2065° .

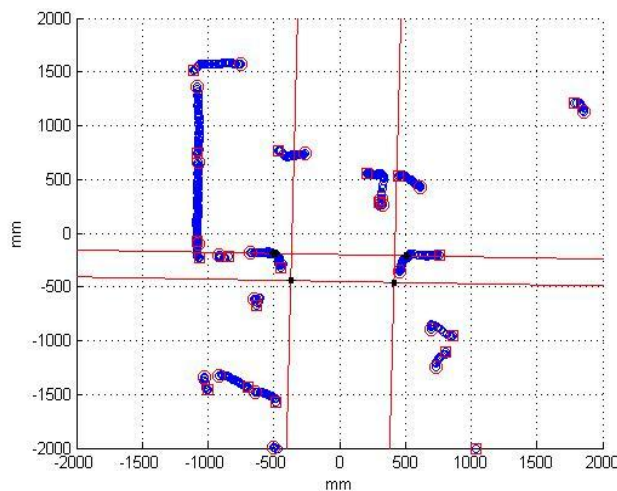


Figura 5. Situação em que os carros limitantes estão alinhados

3.2. Cenário 2: Carros limitantes em curva

Neste segundo cenário simulamos a situação em que a manobra deverá ser feita em uma curva suave a direita, portanto os carros que delimitam a vaga estão estacionados de maneira angulada. Na Fig. 6 temos o mapa construído a partir das leituras dos dois sensores. Nessa situação, a vaga encontrada possui 534 mm e o ângulo da vaga é de 1.6707° .

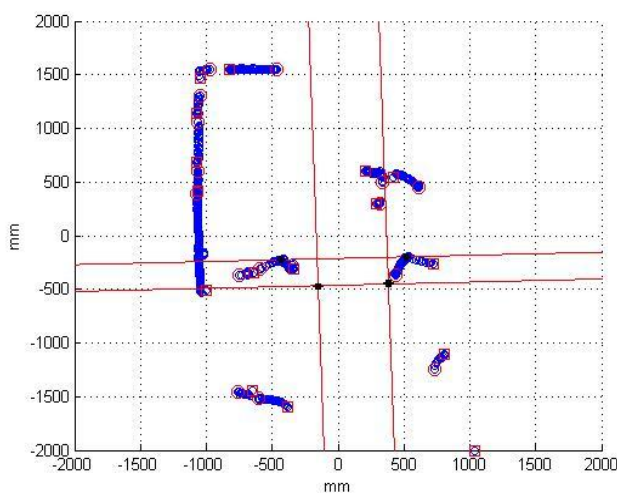


Figura 6. Situação de curva suave a direita

3.3. Cenário 3: Carro dianteiro mal estacionado

Agora foi simulada a situação de estacionamento em uma via reta, mas o carro que delimita a parte dianteira da vaga está mal estacionado, apresentando uma angulação que não corresponderia à via. O mapa gerado pelo sensor está representado na Fig. 7 e nesse caso o comprimento encontrado foi de 816 mm e o ângulo HELVIS/vaga foi de -2.3527° .

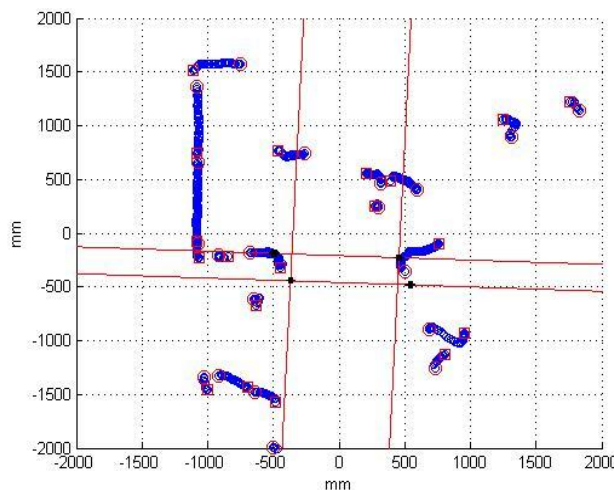


Figura 7. Situação em que o carro dianteiro está mal estacionado

4. CONCLUSÃO

Após a realização do presente trabalho, comprovou-se que com o sistema alimentado por informações de dois sensores HOKUYO apresentado é capaz de determinar o tamanho da vaga mesmo em situações não convencionais com grande confiabilidade. Porém, como o sensor possui somente um feixe e, por isso, abrange um único plano é bastante sensível a diferenças da altura do mesmo em relação aos veículos que limitam a vaga. Dificultando a coleta dos dados que geram os resultados esperados. Esse problema pode ser resolvido utilizando um sensor de vários feixes, como o ibeo (4 feixes) ou Velodyne (32 ou 64 feixes), porém, devido às dimensões físicas desses dois sensores não é possível a sua utilização na plataforma de desenvolvimento HELVIS, embora sejam ideais para a aplicação desse sistema embarcado em um veículo real. Além disso, o sensor Velodyne, que apresenta um range de leitura de 360°, e por isso não gera a área com oclusão, permitindo que a mensuração e a verificação da existência de algum obstáculo no interior da vaga sejam realizadas simultaneamente.

Outro problema encontrado foi que alguns dos modelos utilizados não apresentavam os *corners*, impedindo a detecção dos mesmos. Estes apresentam ao invés de um cruzamento entre duas retas perpendiculares, o cruzamento entre duas retas que formam um ângulo de aproximadamente 130°. Optou-se por não tentar a generalizar para esses casos, pois poderia aumentar muito a ocorrência de falsos positivos.

Como trabalhos futuros pode-se citar a tradução dos códigos criados em MATLAB para C / C++, bem como o interfaciamento desses códigos como o *LabView*, permitindo que os mesmos sejam embarcados no HELVIS que será equipado com o sistema *CompactRIO* da *National Instruments* para que a detecção de vagas ocorra em tempo real.

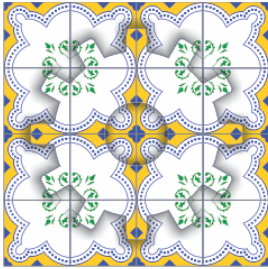
5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à FAPESP pelo apoio financeiro e ao INCT-INOF – Instituto Nacional de Óptica e Fotônica.

6. REFERÊNCIAS

- Andrade, K. O., Hernandez, A. C. e Becker, M., 2011, “A rule-based controller simulation for an autonomous parallel parking of a car-like robot.”, Anais do 21st International Congress of Mechanical Engineering, Vol. 1, Natal, Brazil, pp. 1-10.
- Demirle, K., Khoshnejad, M., 2009, “Autonomous parallel parking of a carlike mobile robot by neuro fuzzy sensorbased controller” Fuzzy Sets and Systems, v. 160, n. 19, pp. 2876-2891
- Dietmayer, K.C.J., J. Sparbert e D. Streller, 2001, “Model based Object Classification and Object Tracking in Traffic scenes from Range Images”. Anais do IV IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Tokyo, Japan.
- FENABRAVE, 2009 “Semestral da Distribuição de Veículos Automotores no Brasil”
- G1–Jornal Hoje, 28/07/2011 <http://g1.globo.com/jornal-hoje/noticia/2011/07/detrans-toma-medidas-para-melhorar-o-ensino-nas-autoescolas.html> Acessado em 13/02/2012
- Jung, H. G., Cho, Y. H., Yoon, P. J., e Kim, J., 2008, “Scanning Laser Radar-Based Target Position Designation for Parking Aid System” IEEE Transactions On Intelligent Transportation Systems, v. 3, n. 9, pp. 406-424

- Lee, K.J., 2001. "Reactive navigation for an outdoor autonomous vehicle". Master Thesis. University of Sydney, Department of Mechanical and Mechatronic Engineering.
- Premebida, C. e Nunes, U., 2005 "Segmentation and Geometric Primitives Extraction from 2D Laser Range Data for Mobile Robot Applications" Technical Report: Universidade de Coimbra
- Sampaio, R. C. B., Becker, M., Caurin, G. A. P., Siqueira, A., Ribeiro, J. e Lemos, V. L., 2010, "Robust Control in 4x4 Hybrid-converted Touring Vehicles During Urban Speed Steering Maneuvers" Anais da 6th IEEE Vehicles Power and Propulsion Conference – VPPC 2010, Vol. 1, Lille, França, pp. 1-6.
- Sampaio, R. C. B., Becker, M., Fernandes, V. e Siqueira, A., 2011, "Optimal H-Infinity Controller with a Novel Control Architecture in the HELVIS mini-HEV EDS." Anais da 7th IEEE Vehicles Power and Propulsion Conference – VPPC 2011, Vol. 1, Chicago, USA, pp.1- 6.
- Santos, S., J.E. Faria, F. Soares, R. Araujo and U. Nunes , 2003, "Tracking of Multi-Obstacles with Laser Range Data for Autonomous Vehicles", Anais do 3rd National Festival of Robotics Scientific Meeting (ROBOTICA), Lisbon, Portugal, pp. 59-65.
- SENA - Sistema Embarcado de Navegação Autônoma (SENA), 2012 - <http://www.eesc.usp.br/sena>



FREE SLOT DETECTION USING LASER SENSOR IN PASSENGER VEHICLES AUTONOMOUS PARALLEL PARKING MANEUVER

Filipe dos Reis Darcie, filipe.darcie@usp.br¹

Rafael Coronel Bueno Sampaio, rafaelc@sc.usp.br¹

Kléber de Oliveira Andrade, pdjkleber@gmail.com¹

André Carmona Hernandes, andre.hernandes@usp.br¹

Marcelo Becker, becker@sc.usp.br¹

¹Escola de Engenharia de São Carlos – EESC – USP, Laboratório de Robótica Móvel – LabRoM, Av. Trabalhador São-carlense, 400, Pq. Arnold Schmidt, CEP 13566-590, São Carlos – SP

Abstract. *The parallel parking maneuver is one of the biggest drivers' challenges. Inexperienced and elderly ones find great difficulties in it. This work is part of another bigger project that intends to solve these difficulties through an autonomous maneuver system. This system uses neural network to process data like slot's dimension and initial positioning of the vehicle to be parked in relation to the slot to be filled, regardless of the curb. This paper concerns about the free slots' size estimation and the angle between the vehicle and the found free slot. It is used data from two LASER sensors (HOKUYO URG-04LX) installed in the low scale vehicle HELVIS. MATLAB routines were created to process the points' cluster through the PDBS (Point Distance Based) method in the pre-processing phase and the SVD (Singular Value Decomposition) and Linear Regression to detect the corners of the vehicles that delimit the slot. The straight line that passes through two consecutive corners gives the vehicle's angular positioning in relation the free slot. Another straight line, parallel to the first one, is drawn at a distance corresponding to the necessary slot depth to perform the maneuver safely. The distance between the intersection of one of these two straight lines and the lines generated from the linear regression of the front and/or rear of the cars that delimits the possible free slot corresponds to its length. The slot validation is done if there aren't any obstacles in it, and the dimensions found are compatible with the vehicle's*

Keywords: *Mechatronics, Mobile Robotics, Navigation, LASER Sensor, Singular Value Decomposition*