

2º SEMESTRE 2018/2019, MEEC

ESTRATÉGIAS BÁSICAS DE NAVEGAÇÃO PARA ROBOTS MÓVEIS

ROBÓTICA

RELATÓRIO LABORATÓRIO 2

Autores:

Nome: Diogo Morgado

Número: 84032

Nome: Luís Afonso Lopes

Número: 84116

Nome: Valter Piedade

Número: 84195

13 de junho de 2019

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	2
2. ESTRATÉGIA DE CONTROLO	2
2.1. Laser Lidar	3
2.2. Trajetos de Entrada e Saída da Sala	4
2.3. Controlo da Trajetória com Recurso ao Laser Scan	4
3. DETEÇÃO DE PORTAS	6
4. UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE.....	7
5. CONCLUSÕES.....	7

1. INTRODUÇÃO

Neste relatório irá ser descrito, detalhadamente, o trabalho de laboratório desenvolvido de forma a obter uma estratégia de controlo que permita que o robot Pioneer 3DX seja capaz de percorrer, de forma controlada, todo o corredor do 5º piso da Torre Norte do IST, detetando todas as portas presentes no corredor e avaliando se estas se encontram abertas, semiabertas ou fechadas.

Devido à calibração imprecisa dos controladores do robot, que pode ser justificada pelo uso exaustivo dos robots ou devido a fatores como a existência de rodas de diferentes dimensões ou desalinhadas, o movimento do robot não poderá assentar unicamente na leitura da odometria. Assim, terá de ser desenvolvida uma estratégia de compensação dos erros da odometria fornecida pelo robot utilizando sensores como, por exemplo, sonares ou lasers. A deteção de portas e avaliação do respetivo estado, será feita com recurso a um laser Lidar.

Este trabalho de laboratório tem como principais objetivos a familiarização com problemas sensoriais, de atuação e de controlo de um robot num ambiente conhecido, bem como o desenvolvimento da criatividade em resolver este tipo de problemas.

2. ESTRATÉGIA DE CONTROLO

O percurso a efetuar pelo robot, representado na Figura 1, pode ser dividido em 8 subtrajetos. Os primeiros dois correspondem à saída da sala (trajectx_1 e trajecty_2, a vermelho), quatro correspondem aos trajetos nos quatro corredores (azul) e os últimos dois correspondem à entrada na sala (trajectx_2 e trajecty_2, a verde).

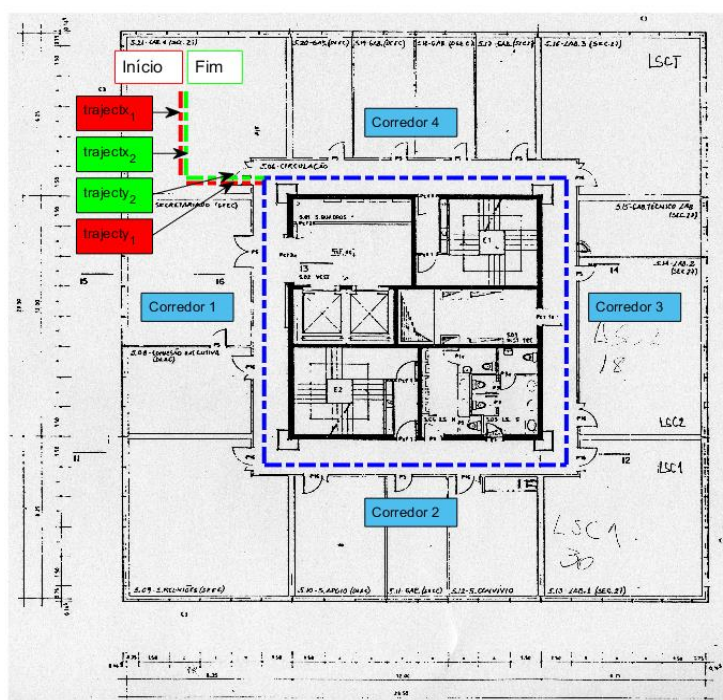


FIGURA 1 – PLANTA DO 5º PISO DA TORRE NORTE COM INDICAÇÃO DAS TRAJETÓRIAS EFETUADAS PELO ROBOT.

Uma vez que os trajetos que correspondem à entrada e saída da sala são relativamente pequenos, não existe necessidade de recorrer ao Laser para controlar a odometria. Posto isto, as funções desenvolvidas para efetuar estes trajetos serão apresentadas na secção 2.2.

Para os trajetos nos corredores, uma vez que as distâncias são relativamente grandes, não é possível recorrer apenas à odometria do robot para efetuar os respetivos trajetos, sendo então necessário recorrer aos dados recolhidos através de um Laser Scan para efetuar ajustes na trajetória do robot, garantindo que este se mantém no centro do corredor durante a execução dos percursos. A estratégia adotada para efetuar estas correções e as funções implementadas para o fazer encontram-se descritas na secção 2.3.

Utilizou-se um laser Lidar como a principal ferramenta tanto para o controlo da trajetória do robot como para a deteção de portas. Desta forma, na secção 2.1 é descrita a forma como este foi utilizado no desenvolvimento deste trabalho laboratorial.

2.1. Laser Lidar

O Laser utilizado, Hokuyo URG-04LX, é capaz de efetuar medições desde os -120° até aos $+120^\circ$, tal como apresentado na Figura 2. No entanto, ao longo do trabalho laboratorial apenas foram necessários utilizar dados provenientes de scans entre os -90° e os $+90^\circ$.

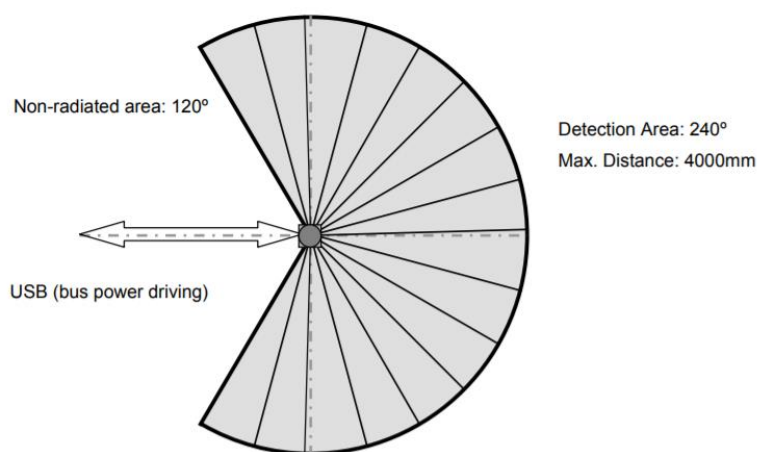


FIGURA 2 - ALCANÇE DO LASER UTILIZADO.

Nas próximas secções, sempre que se recorrer ao laser, será descrita a sua utilização.

2.2. Trajetos de Entrada e Saída da Sala

Visto que os trajetos correspondentes à entrada e saída da sala são trajetos relativamente pequenos, não existe a necessidade da utilização do Laser para corrigir os erros da odometria na execução destes trajetos. Para além disso, a constante existência de um número elevado de pessoas dentro da sala e o facto de os armários presentes na sala possuírem portas de vidro, o que poderia levar a uma reflexão dos raios infravermelhos emitidos pelos Laser e, consequentemente, a uma leitura incorreta, correspondem a outros dois fatores tidos em conta aquando da decisão da não utilização do Laser nestes trajetos.

Tendo em conta que cada um dos trajetos de entrada e saída de sala foram divididos em 2 subtrajetos, correspondentes ao robot andar em X e em Y, como é possível observar na Figura 1, mediram-se as distâncias de cada um destes subtrajetos e criaram-se dois pontos de referência com as seguintes medidas, em metros:

TABELA 1 - PONTOS DE REFERÊNCIA UTILIZADOS PARA A ENTRADA E SAÍDA DA SALA.

Ponto de referência	(x_{ref}, y_{ref})
1	(4.2, 0)
2	(4.4, 3.7)

De notar que, uma vez que o ângulo entre os dois subtrajetos não corresponde exatamente a 90° , a coordenada de referência em X do Ponto 2 não corresponde à coordenada de referência em X do Ponto 1.

Deste modo, o trajeto de saída da sala consiste em o robot andar em frente até alcançar o primeiro ponto de referência, parando e virando de seguida 1.43 rad (aproximadamente 82°) para a esquerda. De seguida irá voltar a andar para a frente até alcançar o segundo ponto de referência, voltando a parar e a virar novamente 1.43 rad para a direita.

O trajeto de entrada na sala é realizado de forma semelhante, mas apenas utilizando o Ponto 1 como ponto de referência sendo que, de forma a garantir que o robot entra na sala, este é mantido (recorrendo à estratégia de controlo apresentada na secção seguinte) mais próximo da parede da direita durante a execução do último corredor.

2.3. Controlo da Trajetória com Recurso ao Laser Scan

O controlo da trajetória do robot ao longo dos quatro corredores é realizado de forma semelhante. Inicialmente, é calculada a distância à parede situada à direita do robot através de uma média entre seis leituras consecutivas do Laser Scan em torno do ponto situado -90° (*wallDistance*). Com base no valor de *wallDistance* e num valor de referência pretendido para a distância à parede da direita (*ref*), são realizados ajustes à velocidade angular do robot (*w*) de modo a afastá-lo ou aproximá-lo dessa mesma parede.

Definiram-se as seguintes condições para o controlo da distância à parede da direita:

$$\begin{cases} \text{wallDistance} - \text{ref} > 0.025 & (1) \\ \text{wallDistance} - \text{ref} < -0.025 & (2) \\ \text{abs}(\text{wallDistance} - \text{ref}) < 0.025 & (3) \end{cases}$$

A condição (1) irá ser verificada quando o robot se estiver a afastar da parede da direita, a condição (2) quando o robot se estiver a aproximar dessa mesma parede e a condição (3) foi imposta de modo a dar uma margem de 2.5 cm ao movimento do robot sem que exista qualquer correção, de modo a evitar que este esteja constantemente a efetuar correções. A correção foi efetuada, no caso da condição (1), dando à velocidade angular um valor de -0.05 rad/s , no caso da condição (2) um valor de 0.05 rad/s e na condição (3) 0 rad/s .

No final de cada corredor, de modo a parar o robot e fazê-lo virar à esquerda para iniciar a trajetória do corredor seguinte recorre-se novamente ao Laser Scan. Sempre que este efetua medições, é calculada uma média entre as 11 leituras consecutivas em torno do ponto 0° (*distance*), que corresponde à frente do robot. Durante o movimento do robot ao longo dos corredores o valor *distance* vai sendo sempre atualizado e comparado com um valor de *threshold* = 0.7 m. Quando o valor *distance* é menor que o *threshold*, o robot para o seu movimento e começa a virar para a esquerda até atingir um valor de *yaw* predefinido (*teta*). Estes valores predefinidos, para cada um dos corredores, encontram-se representados na Tabela 2.

TABELA 2 - VALORES PREDEFINIDOS PARA VIRAR À ESQUERDA NO FINAL DE CADA CORREDOR.

Corredor	<i>teta</i>
1	1.42
2	3
3	-1.7
4	----

Ao longo dos corredores existem obstáculos permanentes que podem interferir com as leituras do Laser Scan, o que iria prejudicar o movimento do robot, como é o caso dos bancos no início do corredor 2 e ao longo do corredor 3. Devido a estas restrições, as trajetórias de referência (*ref*) definidas, representadas na Tabela 3, não são iguais em todos os corredores.

TABELA 3 - DESCRIÇÃO DAS TRAJETÓRIAS DE REFERÊNCIA.

Corredor	<i>ref</i>	Descrição
1	0.83	Referência correspondente ao centro do corredor.
2	0.63	Referência mais próxima da parede da direita devido a bancos encostados à parede da esquerda
3	0.63	Referência mais próxima da parede da direita devido a bancos encostados à parede da esquerda
4	0.7	Referência mais próxima da parede da direita de modo a ter uma melhor posição para reentrar na sala no final do corredor.

Na Figura 3, encontra-se a trajetória efetuada pelo robot ao longo do 5º piso da Torre Norte do IST.

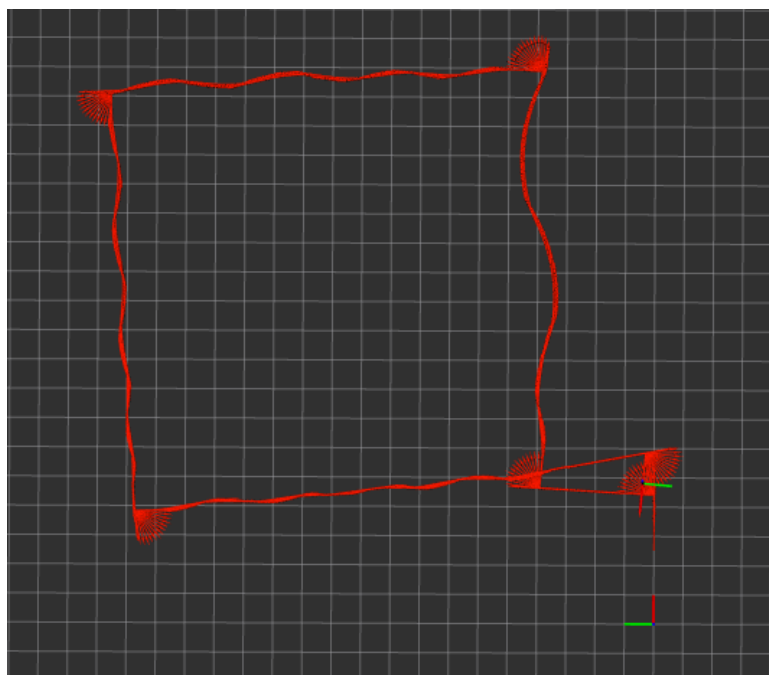


FIGURA 3 - TRAJETÓRIA EFETUADA PELO ROBOT AO LONGO DO PISO 5.

Observando a Figura 3, é possível verificar a correta saída do robot da sala utilizando apenas a odometria. Ao entrar no corredor, é bastante notável as correções que o robot vai fazendo ao longo do corredor para se manter na posição de referência, tal como pretendido. De notar que esta figura foi construída com base na odometria recebida do robot, pelo que não transmite a 100% o comportamento do robot ao longo de todo o percurso, uma vez que não é efetuada nenhuma correção da mesma.

3. DETEÇÃO DE PORTAS

De forma a efetuar a deteção e respetiva avaliação do estado de cada porta, foi utilizado o Lidar Laser Scan.

As portas foram detetadas comparando as médias de dois conjuntos de 11 leituras diferentes. Para o caso de portas à direita foram utilizadas 11 leituras ligeiramente a menos de -90° e 11 leituras ligeiramente a mais de -90° (*door_right*). De igual forma, para as portas à esquerda foram comparadas as médias de 11 leituras a pouco mais de 90° com as 11 leituras a pouco menos de 90° (*door_left*). Assim, à medida que o robot se movimenta pelo corredor, caso a diferença entre estas duas medidas seja superior um dado *threshold* (*portaref*) então significa que existe uma porta exatamente à direita ou à esquerda do robot.

De forma a detetar o estado de cada porta, foi efetuada, novamente, uma média dos valores medidos pelo laser. Devido às dificuldades encontradas para efetuar a rotação para a porta, nomeadamente devido ao facto de não serem efetuadas quaisquer correções ao nível da odometria e a navegação nos corredores ser efetuada recorrendo única e exclusivamente aos dados do laser, optou-se por apenas reduzir a velocidade do

robot quando uma porta era detetada. Para o caso das portas à direita foi efetuada uma média de 11 medidas em torno dos -90° e para as portas à esquerda uma média também de 11 valores em torno do $+90^\circ$.

$$\begin{cases} \text{doorDistance} = \text{NaN} & (1) \\ \text{abs}(\text{doorDistance} - \text{wallDistance}) < 0.05 & (2) \\ \text{else} & (3) \end{cases}$$

Caso o resultado da média fosse “NaN”, ou seja, o laser estava a medir para além do seu alcance máximo então a porta era considerada aberta (1). Para o caso em que a distância à porta era próxima da distância medida à parede então a porta era considerada fechada (2). Para os restantes casos a porta era considerada semi-aberta (3).

4. UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE

De forma a utilizar o software é necessário possuir o ROS (Robot Operating System) instalado, bem como os seguintes packages: RosAria, Urg_c, Urg_node e Lidar_proc.

Depois do robot e Laser estarem conectados via USB ao computador e o robot na posição de início são necessários abrir 3 terminais distintos e executar, em cada um deles, um dos seguintes comandos:

- `roscore`
- `rosparam set RosAria/port /dev/pioneer/usb_to_serial_port && rosrund rosaria RosAria`
- `roslaunch Robotics Robotics.launch`

O robot deverá então iniciar o percurso, identificar e avaliar todas as portas e voltar à posição inicial.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho tinha como objetivo efetuar uma volta completa ao 5º piso da Torre Norte, tendo como ponto de partida e chegada a sala LSDC.4. Pretendia-se ainda que à medida que robot se movimentava, detetasse e avaliasse o estado das portas do corredor. De forma geral é possível afirmar que os objetivos do trabalho foram atingidos.

No que toca à navegação, na grande maioria das situações o robot efetua todas as trajetórias sem qualquer tipo de problema. Existe apenas uma situação em que, devido à forma como o robot deteta quando tem de efetuar uma rotação, caso a porta esteja aberta o robot irá entrar na sala em vez de efetuar a rotação (no final do corredor 2).

Quanto à deteção de portas, todas elas foram corretamente detetadas. Relativamente à avaliação das mesmas, se a porta se encontrar fechada a deteção é efetuada de forma correta, de igual forma se a porta estiver completamente aberta. No entanto, se a porta se encontra semi-aberta a deteção nem sempre é efetuada de forma correta, indicando a grande maioria das vezes que a porta se encontra fechada.