

Planejamento de Trajetória de um Quadrotoor Comercial Baseado na Otimização de Consumo Energético

Raul Cotrim Ferreira
Marco Henrique Terra

Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos

ferreiraraul99@usp.br

Objetivos

Esse projeto tem como objetivo a modelagem do funcionamento da bateria de um quadricóptero comercial utilizando redes neurais artificiais e a utilização dessa modelagem para a geração de trajetórias planejadas considerando a minimização do gasto energético durante o voo, utilizando o ambiente ROS ¹.

Métodos e Procedimentos

Para o desenvolvimento do projeto, foi utilizado um *driver* para o ROS, baseado no *software* de desenvolvimento oficial da *Parrot*, desenvolvido em [1].

Coleta de dados da bateria

Para realizar a leitura da bateria, foi realizada um divisor de tensão de uma saída em paralelo da mesma para permitir a leitura dessa tensão por uma placa *raspberry pi 3* acoplada dentro do intervalo possível, com sistema operacional Linux Ubuntu 16.04 e apresentando o ambiente ROS. Além disso, foi utilizado um conversor analógico digital de 16 bits, placa ADS1115, para permitir a leitura de dados pela *raspberry*.

Modelagem da bateria

Utilizando o ambiente matemático MatLab, foi confeccionado uma rede neural artificial de 3 camadas ocultas para a modelagem da bateria, considerando como entrada o estado e bateria momentânea, assim como as entradas de controle, resultando na tensão do próximo instante como saída da rede. Entretanto, uma vez que os valores coletados apresentam uma grande oscilação, foi realizado uma média móvel exponencial dos valores, permitindo uma melhor visualização geral das oscilações, para permitir uma melhor confiabilidade na rede neural.

¹do inglês, *Robotic Operating System*

Planejamento da trajetória

Para o planejamento de trajetória, foi utilizado a versão otimizada do algoritmo RRT² [2], o qual atua pelo desenvolvimento de uma árvore considerando uma amostragem aleatória do ambiente para a expansão de novos nós. Sua versão otimizada, conhecida como RRT*, utiliza de uma função custo para a determinação de uma trajetória mais satisfatória, sendo para esse projeto a energia gasta pela aeronave durante o voo.

Vale ressaltar que, os dados coletados da bateria representam sua tensão e não sua energia. Entretanto, a partir dos conhecimentos de energia elétrica, sabemos que a energia é dada pela integral da potência pelo tempo, sendo que a potência é representada pela tensão ao quadrado dividido pela resistência. Uma vez que a resistência conectada à bateria é constante, podemos verificar que a energia gasta é proporcional à tensão ao quadrado, permitindo realizar o cálculo de aproximação da energia.

Resultados

Após a determinação do algoritmo RRT* para o planejamento de trajetórias, foram criados 8 objetivos diferentes para o drone realizar a trajetória. Para comparação, foram utilizadas as trajetórias resultantes do algoritmo RRT básico, o qual não considera o gasto energético como um ponto a ser reduzido, e as trajetórias resultantes do algoritmo RRT*.

Assim, gerando as trajetórias RRT e RRT* para um caso de exemplo, foi realizado os testes práticos com o quadricóptero a fim de testar a redução do gasto energético. As trajetórias dos algoritmo RRT e RRT* podem ser visualizadas nas figuras 1 e 2, respectivamente

²do inglês, *Rapidly-Exploring Random Tree*

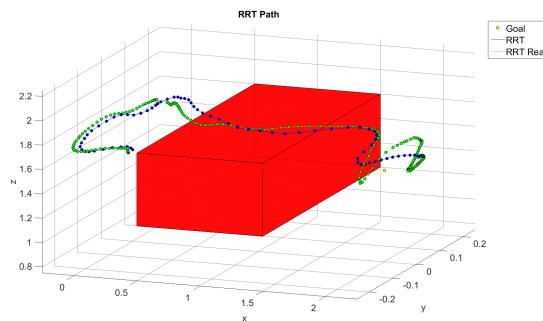


Figura 1: Teste trajetória RRT

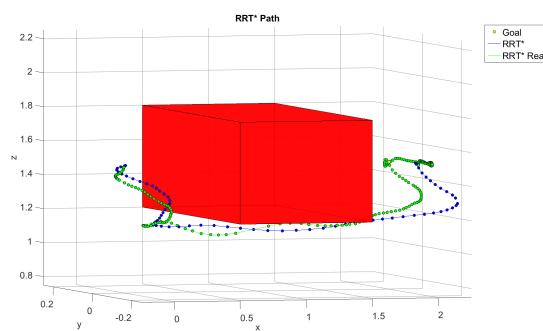


Figura 2: Teste trajetória RRT*

A partir dessas trajetórias, foi possível coletar a tensão da bateria, como apresentado nas figuras 3, 4, de modo a calcularmos a energia a partir dos valores ao quadrado da tensão, como explicado anteriormente. Assim, verificamos que para essas trajetórias, o algoritmo RRT teve um gasto energético de 1007.7, enquanto o algoritmo RRT* apresentou um gasto de 961.5.

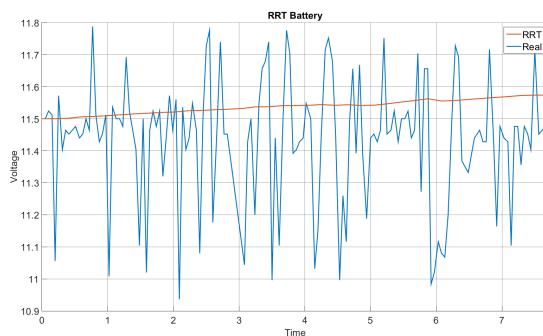


Figura 3: Voltagem da bateria durante a trajetória RRT

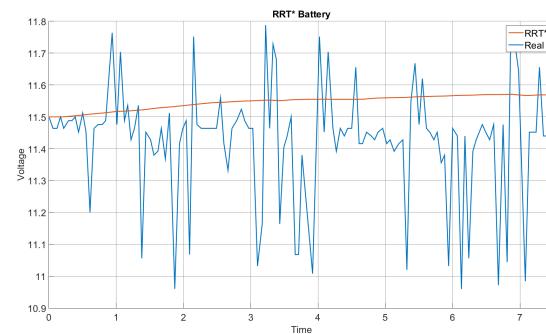


Figura 4: Voltagem da bateria durante a trajetória RRT*

Assim, considerando as 8 trajetórias, temos os gastos energéticos de cada uma apresentada abaixo.

Tabela 1: Comparação dos gastos energéticos em cada trajetória

Teste	RRT	RRT*
1	482.9	466.3
2	490.8	432.2
3	1017.5	879.2
4	646.9	510.4
5	1146.7	1036.1
6	1017.4	988.4
7	694.9	621.8
8	1007.7	961.5

Conclusões

Dessa forma, é possível verificar que a utilização da modelagem da bateria, juntamente com a utilização do algoritmo RRT*, resulta em trajetórias de menor gasto energético para todos os casos. Vale citar que, possivelmente os valores seriam melhores se fosse utilizado os valores de corrente da bateria para a determinação da energia.

Referências

- [1] J. R. S. Benevides, R. S. Inoue, M. A. D. Paiva, and M. H. Terra. ROS-based robust and recursive optimal control of commercial quadrotors. *2019 IEEE 15th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE)*, pages 998–1003, Agosto 2019.
- [2] S. M. LaValle. Rapidly-exploring random trees: A new tool for path planning. Outubro 1998.