

ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE LOCALIZAÇÃO PARA ROBÔS MÓVEIS

Pedro Silva do Nascimento Neto (Aluno PIBIC/UFPI), André Macêdo Santana (Orientador, Depto de Informática e Estatística - UFPI)

Introdução

O processo de navegação de robôs é comumente dividido em sub-problemas que podem ser abstraídos em cinco níveis hierarquizados de autonomia: Mapeamento do Ambiente, Localização, Planejamento de Caminho, Geração de Trajetória e Execução de Trajetória; quando as duas primeiras etapas do processo de navegação devem ser realizadas de forma simultânea geram o problema de SLAM [4]. Este trabalho aborda o problema de localização de robôs móveis.

No problema de localização, o robô deve ser capaz de a partir de um conhecimento acumulado sobre o ambiente e utilizando as leituras atuais dos sensores, calcular e manter atualizada sua pose (posição e orientação) em relação a este ambiente, mesmo que os sensores apresentem erro e/ou ruído. Em outras palavras, localizar um robô consiste em determinar sua pose no espaço de trabalho a cada instante de tempo[3].

Existem diversas técnicas de localização que são melhor aplicadas a diversas situações, dependendo do robô, do ambiente e dos sensores utilizados [2]. As principais técnicas de localização estudadas são a odometria, a localização por balizas ativas, o método de map-matching e localização baseada em marcos [1]. Vale ressaltar que as imprecisões dos sensores do robô podem comprometer a etapa de localização. Assim, o grande desafio na solução do problema de localização está no fato de que tanto as informações sobre o ambiente como os dados fornecidos pelos sensores são normalmente limitados e imprecisos. Nesse contexto, técnicas probabilísticas têm sido amplamente utilizadas na solução desse problema.

Uma ferramenta matemática que vêm sendo utilizada nos problemas de localização de robôs móveis é o Filtro de Kalman (FK). O FK pode ser definido como um conjunto de equações matemáticas que constitui um processo recursivo eficiente de estimação, uma vez que o erro quadrático de estimação é minimizado. Através da observação da variável denominada “variável de observação” outra variável, não observável, denominada “variável de estado” pode ser estimada eficientemente [3].

Uma limitação do FK convencional está associado à condição do sistema observado ser linear o que não é muito comum nas aplicações robóticas. Porém, uma extensão deste filtro, o Filtro de Kalman Estendido (FKE), vem sendo trabalhado na robótica móvel por permitir a aplicação em sistemas não lineares. A idéia do FKE é linearizar as funções em torno da estimação corrente usando as derivadas parciais do processo e das funções de medição para calcular as estimações, mesmo em face a relações não-lineares [3]. Neste sentido, este trabalho apresenta uma solução para localização de robôs baseada na formulação matemática do Filtro de Kalman Estendido.

Metodologia

Este trabalho foi dividido em seis etapas. Na primeira etapa, foi feito um estudo/pesquisa sobre o problema de localização de robôs móveis com o intuito de verificar os principais conceitos relacionados ao tema. Na segunda etapa, foi realizado um estudo/pesquisa das principais ferramentas matemáticas utilizadas nos problemas de localização de robôs. Da gama de técnicas normalmente utilizadas optou-se pela formulação com Filtro de Kalman. Na terceira etapa, iniciou-se o processo de implementação do sistema, porém analisando o problema de forma simplista como um sistema linear. Na quarta etapa, foi implementado o modelo protótipo utilizando um sistema não linear. Na quinta etapa, foram realizados alguns experimentos e, por fim, na sexta etapa foi elaborado o relatório final contemplando o detalhamento das experimentações, os resultados, as discussões e as perspectivas.

Resultados e Discussão

Inicialmente o sistema foi modelado em termos da formulação de Kalman um robô contendo um sensor de distância. Para validar o modelo utilizou-se o simulador VRap por permitir a inserção de ruídos nas medições sensoriais. Foi comandado ao robô um movimento apenas em uma coordenada do plano 2D e utilizou-se como ruído do sensor a métrica de um desvio padrão. Calculou-se, então, a estimativa do valor do sensor utilizando a formulação de Kalman e constatou-se que o modelo acompanhava o comportamento do sistema (Figura 1).

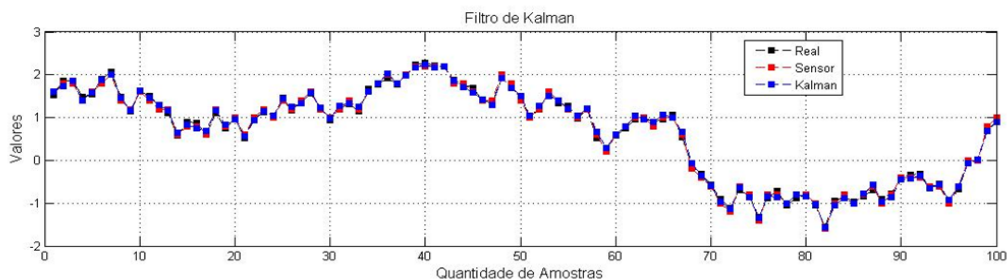


Figura 1: Análise do modelo do sistema quando à existência de ruído na medição sensorial.

Vencida a primeira etapa de validação do modelo, procedeu-se com a análise do comportamento do filtro de Kalman. Foi analisado se a cada passo a etapa de atualização estava coerente, ou seja, se esta medida se aproximava da medida retornada pelo sensor. Além disso, verificou-se se o comportamento da matriz de covariância do sistema estava correto, ou seja, diminuindo com o número de amostras. A Figura 2 ilustra o comentado.

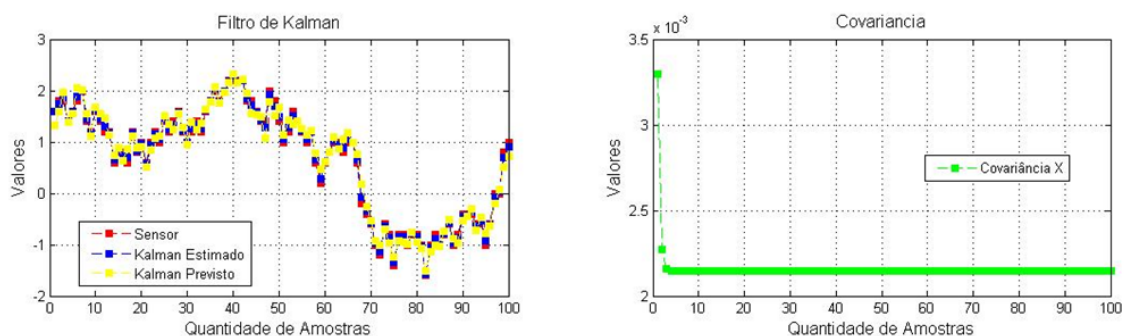


Figura 2: Análise do modelo: a) Comportamento do FK e b) comportamento da matriz de Covariância.

Após a análise do comportamento do FK para o movimento em apenas uma coordenada, o passo seguinte consistiu em movimentar o robô no plano 2D e analisar as medidas retornadas pelo FK para esta situação. Os resultados são apresentados na Figura 3.

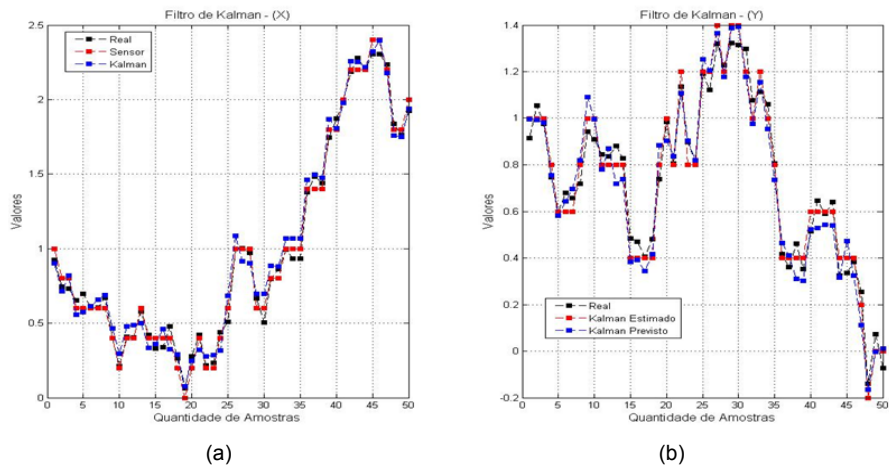


Figura 3: Comportamento do FK para movimento no plano 2D: a) coordenada X e b) coordenada Y.

Analisando os gráficos da Figura 3, percebe-se que o FK foi mais eficiente, em média, na estimativa da coordenada X. Este fato se deve ao sensor ser apontado nesta direção e, para computar a coordenada Y leva-se em consideração a coordenada X, ou seja, uma imprecisão na medida da coordenada X é acumulada na medida da coordenada Y.

Conclusão

A principal contribuição deste trabalho é demonstrar a aplicabilidade de uma técnica de filtragem estocástica, Filtro de Kalman, no problema de estimativa de posição de um robô móvel. Os resultados alcançados mostram a eficiência do filtro bem como o comportamento satisfatório de suas propriedades.

Como trabalhos futuros pretende-se: testar outros filtros estatísticos (Filtro de Kalman Unscented, Filtro de Informação e Filtro de Partículas); modelar o sistema de modo a permitir a incorporação de outros tipos de sensores (câmera, gps, imu, etc.) e expandir este trabalho para uma formulação de SLAM.

Referências

- [1] BEZERRA, C. G.; *Localização de um robô móvel usando odometria e marcos naturais*, Dissertação de Mestrado PPGEEC/UFRN, Natal/RN,2004.
- [2] MACHARET, D. G. *Localização e mapeamento em terrenos irregulares utilizando robôs móveis*. Dissertação de Mestrado, PPGCC/UFMG, Belo Horizonte/MG, 2009.
- [3] Santana, A. M.; *Localização e Planejamento de Caminhos para um Robô Humanóide e um Robô Escravo com rodas*, Dissertação de Mestrado PPGEEC/UFRN, Natal/RN,2007.
- [4] THRUN, S., WOLFRAM, B. & FOX, D., *Probabilistic Robotics*. Cambridge, MA: MIT Press, 2005.