

Universidade Federal de Minas Gerais  
Escola de Engenharia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica  
Laboratório de Modelagem, Análise e Controle de Sistemas Não-Lineares

# FUSÃO SENSORIAL PARA SISTEMAS COM AMOSTRAGEM IRREGULAR

**Taiguara Melo Tupinambás**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica

**Orientador:** Prof. Dr. Bruno Otávio Soares Teixeira

**Co-Orientador:** Prof. Dr. Leonardo Antônio Borges Tôrres

Belo Horizonte - MG

2018

## Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução . . . . .</b>	<b>2</b>
1.1	<i>Motivação e Justificativa . . . . .</i>	2
1.2	<i>Formulação do problema . . . . .</i>	3
1.3	<i>Objetivos . . . . .</i>	3
1.4	<i>Estrutura da Dissertação . . . . .</i>	3
<b>2</b>	<b>Conclusão . . . . .</b>	<b>4</b>
	<b>Referências . . . . .</b>	<b>5</b>

# 1 Introdução

## 1.1 Motivação e Justificativa

Estimação é o processo de inferência do valor de uma quantidade de interesse a partir de observações incertas e, eventualmente, indiretas de outras variáveis (Bar-Shalom, Rong Li e Kirubarajan (2001)). Para o caso linear e Gaussiano, o filtro de Kalman (KF) garante otimalidade na estimação dos estados de um sistema dinâmico. Para sistemas não-lineares, generalizações do KF foram propostas, como por exemplo o filtro de Kalman estendido (EKF) e o filtro de Kalman *Unscented* (UKF). Métodos de filtragem de partículas podem ser aplicados para tratar sistemas não-lineares e não-Gaussianos (Teixeira (2008)).

Tanto os filtros de Kalman como os de Partícula utilizam modelos de processo e de observação em seus algoritmos. Bar-Shalom, Rong Li e Kirubarajan (2001) definem modelos de processo como o conjunto de uma estimativa inicial imperfeita e de uma evolução dos estados previsível e incerta, conforme Eq. 1.

$$(\text{estado})_{k+1} = (\text{função do estado})_k + (\text{ruído de processo})_k \quad (1)$$

onde  $k$  representa o índice de tempo discreto.

Já o modelo de medições engloba alguns componentes do espaço de estados (ou uma combinação deles) também de forma imprecisa, descrito pela Eq. 2.

$$(\text{medições})_k = (\text{função dos estados})_k + (\text{ruído de medição})_k \quad (2)$$

Tipicamente, funções de estado da Eq. 1 envolvem entradas que excitam o sistema dinâmico e que devem ser conhecidas. Em diversas aplicações práticas, como rastreamento de alvos, estas entradas são transmitidas para o sistema de filtragem através de sensores, da mesma forma que as observações.

Com o avanço científico das últimas décadas, a tecnologia de microprocessadores, de sensores e de comunicação tem ficado cada vez mais acessível e abrangente. Aliado a isso, o aumento exponencial na capacidade de processamento de computadores modernos faz com que seja possível a fusão de cada vez mais informações para sistemas de estimação em tempo real. Os benefícios para a estimação de estados da fusão de dados de múltiplos sensores em relação a dados de fonte única são óbvios. Além do ganho estatístico em se combinar dados redundantes de fontes iguais, ainda é possível obter estimativas mais precisas através do uso de vários tipos de sensores diferentes (Hall e Llinas (1997)).

A área de fusão sensorial já é pesquisada há vários anos e trabalhos como os de Hall e Llinas (1997), Khaleghi et al. (2013) e Jing, Pan e Qin (2013) trazem uma extensa revisão bibliográfica sobre o assunto. Willner, Chang e Dunn (1976) propõem três métodos de fusão sensorial para estimação de estados com a coleta de dados sincronizadas: i) método de filtragem paralela, que processa todas as medições concomitantemente na etapa de atualização do filtro; ii) método de filtragem sequencial, em que a atualização do filtro é feita de forma sequencial, i.e. a saída de um KF é utilizada como a previsão do estado do próximo KF; iii) método de compressão de dados (ou fusão das saídas), em que as observações são combinadas através da matriz de covariância de cada uma delas e o resultado dessa fusão é utilizado como medição única para o KF.

Agora vamos fazer um teste conforme ??)

### *1.2 Formulação do problema*

Apresentação matemática do problema, de forma ampla. Descrever as premissas adotadas.

### *1.3 Objetivos*

1 frase para o objetivo geral Objetivos específicos

### *1.4 Estrutura da Dissertação*

## 2 Conclusão

## Referências

- BAR-SHALOM, Y.; Rong Li, X.; KIRUBARAJAN, T. *Estimation with Applications to Tracking and Navigation: Theory Algorithms and Software*. [S.l.]: John Wiley & Sons, Inc, 2001. 548 p. Citado na página 2.
- HALL, D. L.; LLINAS, J. An introduction to multisensor data fusion. *Proceedings of the IEEE*, v. 85, n. 1, p. 6–23, 1997. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 3.
- JING, Z.; PAN, H.; QIN, Y. Current progress of information fusion in China. *Chinese Science Bulletin*, v. 58, n. 36, p. 4533–4540, dec 2013. Citado na página 3.
- KHALEGHI, B. et al. Multisensor data fusion: A review of the state-of-the-art. *Information Fusion*, Elsevier B.V., v. 14, n. 1, p. 28–44, 2013. Citado na página 3.
- TEIXEIRA, B. O. S. *Constrained state estimation for linear and nonlinear dynamic systems*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Minas Gerais, 2008. Citado na página 2.
- WILLNER, D.; CHANG, C. B.; DUNN, K. P. Kalman filter algorithms for a multi-sensor system. In: *IEEE Conference on Decision and Control including the 15th Symposium on Adaptive Processes*. [S.l.: s.n.], 1976. v. 15, p. 570–574. Citado na página 3.