

## SISTEMA DE POSICIONAMENTO RFID BASEADO EM FILTRO DE KALMAN

Rodrigo Hiroshi Murofushi, MAPL, [hiroshirhm@gmail.com](mailto:hiroshirhm@gmail.com)<sup>1</sup>

Bruno Luiz Pereira, MAPL, [bruno\\_luiz@meca.ufu.br](mailto:bruno_luiz@meca.ufu.br)<sup>1</sup>

José Jean-Paul Zanlucchi de Souza Tavares, MAPL, [jean.tavares@mecanica.ufu.br](mailto:jean.tavares@mecanica.ufu.br)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila 2121 - Santa Mônica - Uberlândia - MG

**Resumo.** Este trabalho apresenta como proposta implementar um Sistema de Posicionamento Interno (IPS) utilizando sistema de Identificação por Rádio Frequência (RFID) cujos elementos básicos que o compõem são o equipamento interrogador ou leitor (*reader*) e as etiquetas eletrônicas de identificação passivas ou *tags*. Para que um sistema RFID seja utilizado como IPS é necessário estimar a distância que a tag está localizada em relação ao leitor baseado na indicação da intensidade do sinal recebido (RSSI) levando-se em consideração o ângulo de elevação da etiqueta eletrônica. Primeiramente, o valor de potência do sinal recebido é processado utilizando um filtro de Kalman, que combina os dados de medição com o conhecimento a priori do sistema e dos equipamentos de medição com o objetivo de estimar a variável desejada de maneira que o erro seja minimizado estatisticamente. Este filtro possui um comportamento preditor-corretor, uma vez que os dados disponíveis num determinado instante de tempo  $k$  são utilizados para encontrar uma estimativa do valor da variável desejada no instante de tempo  $k+1$ , além de realizar uma ponderação entre o valor estimado e o obtido pelo sensor. Posteriormente, é utilizado um algoritmo para estimar a posição da tag, que se baseia na leitura da potência emitida por esta para se determinar sua posição ignorando o ângulo de elevação. Com a posição estimada anteriormente, um processo iterativo pode ser implementado de modo que o ângulo de elevação da tag seja iterativamente compensado a partir da intensidade da potência do sinal recebido. Por fim, simulações mostram que o filtro de Kalman e o algoritmo usado para estimar a posição da tag são passíveis de serem implementados na construção de um IPS.

**Palavras chave:** RFID, IPS, Filtro de Kalman

### 1. INTRODUÇÃO

Radio Frequency Identification (RFID) é a denominação genérica para sistemas compostos de dispositivos eletrônicos que permitem realizar identificações utilizando comunicação por Rádio Frequência ou RF. Entre os elementos básicos que compõem este sistema estão o equipamento interrogador ou leitor (*reader*) e as etiquetas eletrônicas de identificação ou *tags* (Azambuja, 2011).

A identificação por radiofrequência também é capaz de ser utilizada como um sistema de posicionamento interno, conhecido como *Indoor Positioning System* (IPS). Este pode ser aplicado em depósitos, plantas industriais, hospitais e edifícios comerciais, onde sistemas de posicionamento global (GPS) normalmente não operam. A maioria dos sistemas de posicionamento interno baseia-se em tecnologias sem fio, ultrassônica e reconhecimento de imagens.

As *tags* RFID podem ser classificadas como passivas, ativas ou semipassivas dependendo das características de energização das mesmas. A primeira é alimentada através do sinal eletromagnético enviado pelo leitor que induz uma corrente na antena da *tag*. A Segunda possui fonte de energia interna própria, enquanto a terceira trabalha utilizando ambas as formas de energização. Tanto *tags* ativas quanto passivas são utilizadas em sistemas de localização, sozinhas ou em combinação com outros tipos de sensores (Saab *et al.*, 2011).

Usando-se a tecnologia RFID, há três informações disponíveis provenientes da leitura de uma *tag* que podem ser utilizadas para localização da mesma, são elas: proximidade, ângulo de fase do sinal e a indicação da intensidade do sinal recebido (RSSI). Métodos baseados em proximidade exploram somente as informações contidas na *tag*. Os métodos que utilizam ângulo de fase são aqueles que medem a diferença entre as fases do sinal emitido por uma etiqueta eletrônica captado por antenas diferentes. Já os sistemas baseados na RSSI trabalham com áreas relativamente maiores, mas requerem calibração prévia do sistema e sofrem da má precisão do sinal porque o RSSI é severamente afetado pelas características de propagação no meio de trabalho (DiGiampaolo *et al.*, 2014).

Também há a possibilidade de se trabalhar com um IPS integrado com outros tipos de medição, tais como encoders ou acelerômetros, assim como foi feito por DiGiampaolo *et al.* (2012) e também DiGiampaolo *et al.* (2014), onde os

dados da estimação da posição de um veículo autônomo obtidos através de um sistema RFID são combinados com os dados adquiridos através de odometria utilizando um filtro de Kalman. Um de seus trabalhos, foi obtido um erro médio de 0,1 m durante o deslocamento do veículo utilizando uma densidade de *tags* de menos de 1 tag/m<sup>2</sup>.

Hekimian-Williams *et al.* (2010) explora o método de diferença de fase entre duas ou mais antenas de recepção para calcular a localização mais precisa de uma tag numa região. Em seus resultados experimentais ele mostra que precisão milimétrica pode ser atingida em situações ideais.

DiGiampaolo *et al.* (2010) utiliza uma malha quadrada de etiquetas passivas em que a distância entre elas é de 1,2 m a fim de localizar uma pessoa e ajudá-la a se locomover em um determinado ambiente. Para tal, um algoritmo de proximidade é utilizado e resultados experimentais demonstram erros menores do que 0,5 m.

Saab *et al.* (2011) projeta um IPS que utiliza a RSSI emitida pelas etiquetas eletrônicas. Nesse sistema, o leitor é posicionado num caminho predeterminado e as tags passivas são fixadas paralelamente à trilha do leitor com distância igual a 1,2 m entre elas. Para determinar a posição do leitor, o sistema utiliza a RSSI das duas tags mais próximas, utiliza um filtro de Kalman e um algoritmo iterativo para estimação da posição. Resultados experimentais mostram um erro de aproximadamente 0,1 m.

Ting *et al.* (2011) propõe um IPS baseado em RFID que utiliza quatro leitores posicionados nos vértices de uma área quadrada de 3x3 m, sendo esta subdividida em nove quadrados de 1x1 m. Primeiramente é realizada uma calibração do sistema onde uma tag é colocada no centro de cada subárea e os dados da RSSI de cada leitor são armazenadas. Resultados experimentais mostram que dentre as 90 leituras realizadas (10 leituras para cada subárea), houve um acerto em 84 casos resultando numa taxa de acerto de aproximadamente 93%.

## 2. OBJETIVOS

O trabalho visa simular um sistema de posicionamento interno unidimensional capaz de estimar a posição de uma etiqueta eletrônica ou *tag* baseado na indicação da intensidade do sinal recebido da mesma (RSSI). Este sinal deve ser filtrado utilizando um filtro de Kalman para posterior processamento no algoritmo desenvolvido.

## 3. METODOLOGIA

Para simular um sistema que estima a posição de uma determinada *tag*, é necessário, primeiramente, obter a RSSI através de uma antena dipolo de meia onda cujo assunto é abordado na subseção 3.1. O sinal obtido é filtrado utilizando um filtro de Kalman apresentado na subseção 3.2. Posteriormente, a saída deste é utilizada para estimar a posição na qual a *tag* está localizada, conforme o método apresentado na subseção 3.3.

### 3.1 Antena Dipolo de Meia Onda

A antena dipolo de meia onda está entre as mais utilizadas nas diversas aplicações de recepção e transmissão de sinais de radiofrequência e é caracterizada por ter um comprimento igual à metade do comprimento de onda ( $l=\lambda/2$ ). O padrão de radiação desta antena é obtido matematicamente via integração dos campos individuais das antenas diferenciais que a compõem.

A densidade de potência [W/m<sup>2</sup>] de uma antena dipolo de meia onda é dada pela Eq. (1).

$$S(R, \theta) = \frac{15I_0^2}{\pi R^2} \left[ \frac{\cos^2(\pi/2)\cos(\theta)}{\sin^2\theta} \right] \quad (1)$$

Onde:

$I_0$ : Corrente na antena em miliÁmperes;

$R$ : Distância da antena a um ponto fixo e metros;

$\theta$ : Ângulo de elevação em radianos.

Dessa forma, temos que a densidade máxima de potência para um dado valor de  $R$  (sendo  $\theta = \pi/2$  rad) é dada pela Eq. (2).

$$S_{max}(R, \theta) = \frac{15I_0^2}{\pi R^2} \quad (2)$$

### 3.2 Simulação de uma antena dipolo de meia onda

Para a simulação do comportamento da antena dipolo de meia onda, foram utilizados como parâmetros de entrada à equação (1):

$\theta = \pi/2$  rad;

$I_0 = 5$  mA;

$0,4 \text{ m} \leq R \leq 2,0 \text{ m}$ .

A antena inicialmente está localizada a 0,4 metros de distância do leitor de potência e foi se afastando do mesmo à uma velocidade constante de 0,2 m/s até que a antena atingisse a posição de dois metros de distância do leitor. O período de aquisição da leitura é de 40 ms.

O valor da distância (R) e da potência recebida (S) estão apresentados nos gráficos da Fig. 1.

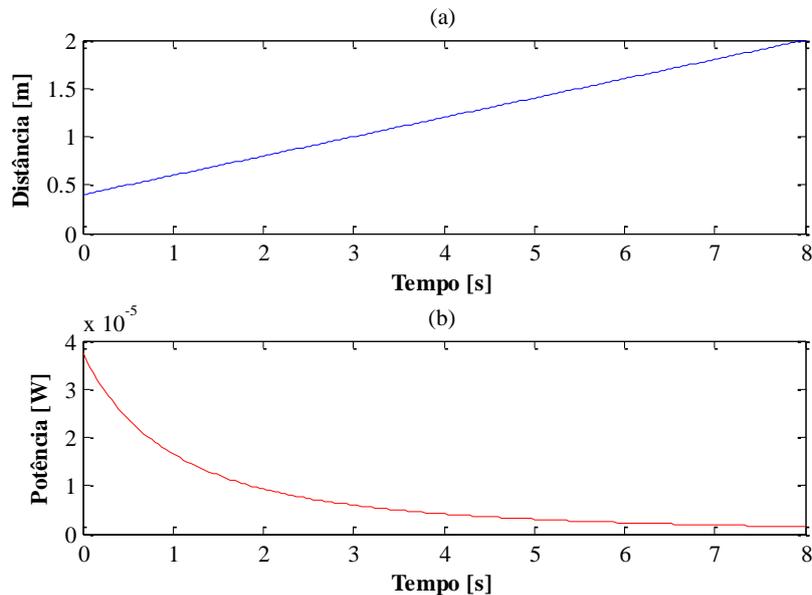


Figura 1. (a) Gráfico da Distância X Tempo; (b) Gráfico da Potência X Tempo

### 3.3. Filtro de Kalman

O filtro de Kalman utiliza um método estocástico na filtragem de sinais e é baseado em quatro conceitos (Brown e Hwang, 1997).

Através das equações de propagação e atualização é possível obter um resultado menos sujeito a ruídos, que estão sempre presentes no ambiente devido à interferência de outros sistemas transmissores de sinais que trabalham em frequências próximas à banda de trabalho do sistema, que varia de 902 a 928 MHz.

#### 3.3.1. Variável de Estado

Variável de estado representa o parâmetro de estudo do modelo matemático para a previsão de dados futuros, onde o valor de  $x$  na iteração posterior é o valor do mesmo na iteração atual com uma correção  $A$  e corrompido por ruído  $w_k$ , conforme a Eq. (3):

$$x_{k+1} = Ax_k + Cw_k \quad (3)$$

#### 3.3.2. Variável Medida

Variável medida é aquela que simula a aquisição de dados de um sensor cujo valor obtido no tempo  $k$  é o valor da variável de estado  $x_k$  no tempo com uma correção  $H$  e com ruído  $v_k$ , de acordo com a Eq. (4):

$$z_k = Hx_k + v_k \quad (4)$$

#### 3.3.3. Propagação

Propagação é a estimativa do que se espera de dados futuros baseados em  $k$  dados, ou seja, é uma estimativa da próxima leitura baseado nos dados do passado. Esses valores para as variáveis de propagação do estado e da sua respectiva covariância são indicados pelo superíndice (-).

A Eq. (5) é a equação de propagação de estado considerando que não há uma perturbação de estado.

$$\hat{x}_k^- = A \cdot \hat{x}_{k-1}^+ \quad (5)$$

Já a Eq. (6) representa a expressão para a propagação da Covariância do Estado:

$$P_k^- = A \cdot P_{k-1}^- \cdot A^T + C \cdot Q \cdot C^T \quad (6)$$

### 3.3.4. Atualização

Atualização é o processo de correção da previsão utilizando os novos dados coletados pelos sensores. As equações de atualização modificam, além das variáveis de estado e sua respectiva covariância, o ganho do filtro de Kalman dada pela Eq. 7. As variáveis, após serem atualizadas são indicadas pelo superíndice (+).

Ganho do Filtro de Kalman:

$$K_k = P_k^- H^T (H P_k^- H^T + R)^{-1} \quad (7)$$

Atualização da Matriz de Covariância do Estado:

$$P_k^+ = P_k^- - K_k H P_k^- \quad (8)$$

Atualização do Estado:

$$\hat{x}_k^+ = \hat{x}_k^- + K_k [z_k - H \hat{x}_k^-] \quad (9)$$

### 3.3.5 Simulação de um filtro de Kalman aplicado a um sistema RFID

Para simular o funcionamento do filtro de Kalman é introduzido um ruído branco de média zero e desvio padrão igual a 40% do valor da média do sinal emitido pela antena segundo a Eq. (10).

$$z = S(R, \theta) + \text{Ruído} \quad (10)$$

Onde:

$$\text{Ruído} = 0,40 \cdot N(0,1) \cdot \left[ \sum_{i=1}^n S_i(R, \theta) \right] / n \quad (11)$$

$S(R, \theta)$ : sinal da antena sem ruído;

$N(0,1)$ : Ruído com média zero e desvio padrão unitário;

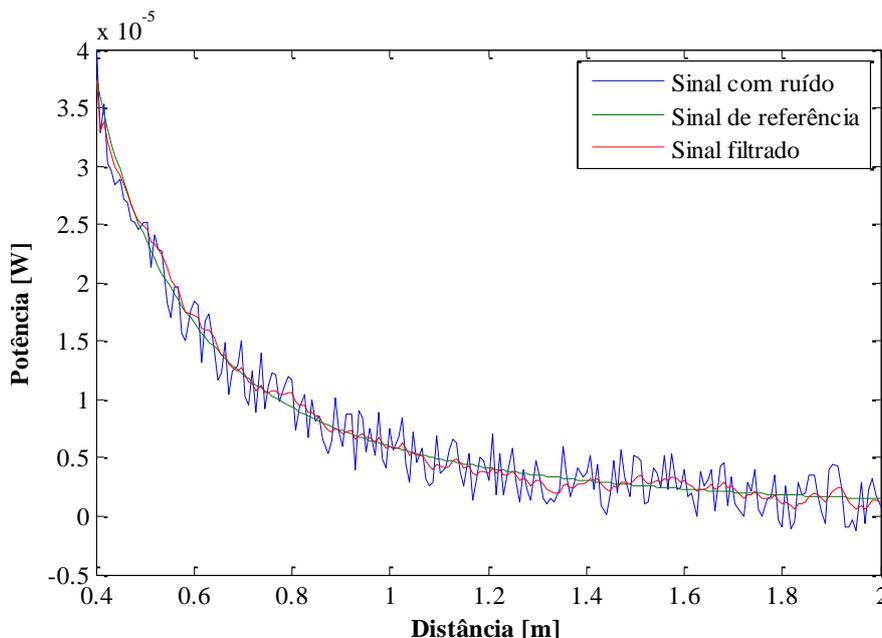
$n$ : número total de pontos.

Já os valores para as constantes apresentadas na Tab. 1 foram escolhidas arbitrariamente para que o filtro tivesse funcionamento adequado.

**Tabela 1. Valores dos parâmetros do filtro de Kalman**

| Variável      | Valor      |
|---------------|------------|
| A             | 0,98       |
| C             | 1          |
| H             | 1          |
| Q             | 0,010      |
| R             | Var(Ruído) |
| P(1)          | 10         |
| $\hat{x}_1^-$ | $z(1)$     |

Realizando-se a simulação pode-se obter os dados apresentados na Fig. 2.



**Figura 2. Gráfico da Potência dos sinais de referência, com ruído e filtrado versus Distância**

Para esta simulação, obteve-se o valor do erro quadrático médio (Eq. 12), tanto para o sinal com ruído, quanto para o sinal filtrado em relação ao sinal de referência. Os valores obtidos estão apresentados na Tab 2.

$$EQM = \frac{\sum_{i=1}^n (S - S_{ref})^2}{n} \tag{12}$$

**Tabela 2. Valores para o erro médio quadrático**

| Sinal           | Valor do erro quadrático médio [W <sup>2</sup> ] |
|-----------------|--|
| Sinal com ruído | $3,03 \cdot 10^{-12}$                            |
| Sinal filtrado  | $3,57 \cdot 10^{-13}$                            |

Com os valores apresentados na Tab. 2, pode-se verificar que o filtro de Kalman atua efetivamente na minimização do erro de medição causado pelo ruído introduzido no sistema.

### 3.4 Cálculo do Posicionamento

O método de cálculo do posicionamento de um objeto utilizando um sistema RFID é baseado naquele proposto por Saab *et al.* (2011), entretanto, neste trabalho é utilizado um método simplificado a ser discutido na subseção 3.3. No trabalho citado, a Eq. (13) relaciona a potência RSSI recebida pela antena,  $P_{rec}(R, \theta)$ , com a potência para o ângulo de maior ganho,  $P_r$  e com a perda de potência  $L_D$  em função do ângulo de elevação  $\theta$ .

$$P_{rec}(R, \theta) = P_r(R) + L_D(R, \theta) \tag{13}$$

Os dados da potência do sinal recebido pelo sistema de posicionamento são enviados continuamente para o filtro de Kalman com o objetivo de minimizar os ruídos presentes no sinal.

A seguir é descrito um método numérico utilizado para encontrar a posição de um determinado produto dada a potência filtrada pelo filtro de Kalman  $P_{rec}(R, \theta)$  levando-se em consideração a Eq. (13) segundo Saab *et al.* (2011):

Passo 0: Desconsiderar  $L_D(R, \theta)$ ;

Passo 1:  $P_{rec}(R, \theta) = P_r(R)$ ;

Passo 2: Encontrar  $R$  através da função inversa de  $P_r(R)$ ;

Passo 3: Encontrar  $\theta$  pelas restrições geométricas;

Passo 4: Calcular o  $L_D(R, \theta)$ ;

Passo 5: Calcular o novo valor de  $P_r(R)$ ;

Passo 6: Encontrar  $R$  através da função inversa de  $P_r(R)$ ;

Passo 7.1: Voltar ao passo 3 até que alguma condição de convergência seja satisfeita;

Passo 7.2: Caso não haja convergência, varia-se  $R$  e o respectivo ângulo que obedece à restrição geométrica, encontrar o mínimo da Eq. (14) e consequentemente os melhores valores de  $R$  e  $\theta$ ;

Passo 8: Encontrar o valor da posição do produto em relação ao IPS.

$$F(R) = P_{rec}(R, \theta) - P_r(R) - L_D(R, \theta) \quad (14)$$

### 3.5 Cálculo do Posicionamento Simplificado

No método simplificado de estimativa da posição de um determinado objeto são feitas as seguintes considerações:

- O ângulo de elevação  $\theta = \pi/2$  rad, ou seja, trabalha-se sempre com o ângulo cuja potência recebida pelo leitor seja máxima para uma determinada distância, assim, não é necessário estimar o valor da perda de potência devido ao ângulo de elevação, ou seja,  $L_D(R, \theta) = 0$ ;

### 3.6 Ensaio para estimação de posição utilizando o método simplificado

Para avaliar o comportamento do sistema de posicionamento baseado em RFID foram realizados testes onde é estimada a distância entre duas antenas. Uma antena é a que envia o sinal e outra é a receptora do mesmo. O ângulo de elevação  $\theta$  é constante e igual a  $90^\circ$  e varia-se a distância linear entre elas mantendo fixa a posição da antena emissora do sinal. Foi utilizada uma antena no lugar da *tag* devido ao leitor de potência enviar um sinal cuja potência é bem mais elevada que a da *tag* e os equipamentos disponíveis não atenderem aos requisitos para trabalhar com sinais de baixa potência emitidos pela *tag*. Um diagrama da montagem do experimento é mostrado na Fig. 3.

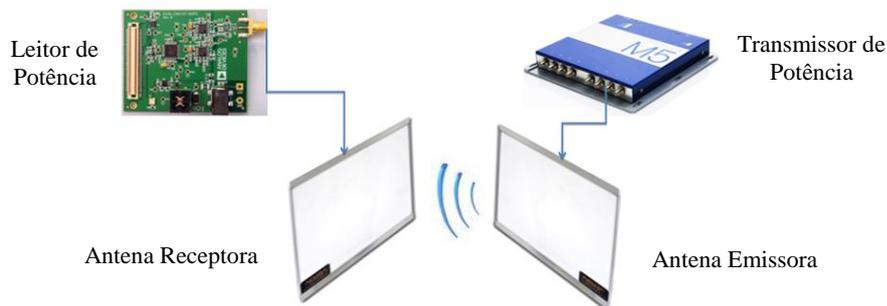


Figura 3. Esquema da montagem do experimento

A primeira etapa do experimento é a calibração do sistema, ou seja, encontrar uma função de transferência ou calibração que representa o comportamento do sistema real. Durante o processo de calibração é utilizado um filtro de Kalman para minimizar o efeito do ruído externo presente no ambiente de testes. A função obtida aproximando-se os dados por um polinômio de segundo grau está representada pela Eq. 15.

Para a obtenção da Eq. 15 são utilizadas 5 posições distintas com 200 aquisições em cada ponto. As posições adotadas estão apresentadas na Tab. 3.

Tabela 3. Valores da distância entre as antenas no processo de calibração

| Posição                        | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|
| Distância entre as antenas [m] | 0,50 | 0,75 | 1,00 | 1,25 | 1,50 |

$$P_r = 0,002R^2 - 1,139R + 210,709 \quad (15)$$

Posteriormente, é realizada a aquisição de dados do sistema de posicionamento. O cálculo da posição da antena é realizado utilizando a Eq. 15. Foram realizados testes em três posições distintas: 0,6 m, 1,0 m e 1,5 m. Em cada posição foram capturados 100 leituras de potência do sinal. Os valores da média e do desvio padrão obtidos estão apresentados na Tab. 4.

Tabela 4. Valores da média e desvio padrão obtidos no ensaio

| Referência [m] | Média [m] | Desvio Padrão [m] | Limite Inferior [m] | Limite Superior [m] |
|----------------|-----------|-------------------|---------------------|---------------------|
| 0,60           | 0,56      | 0,06              | 0,50                | 0,62                |
| 1,00           | 1,02      | 0,06              | 0,96                | 1,08                |
| 1,50           | 1,54      | 0,04              | 1,50                | 1,58                |

Os dados obtidos no ensaio estão apresentados no gráfico da Fig. 4.

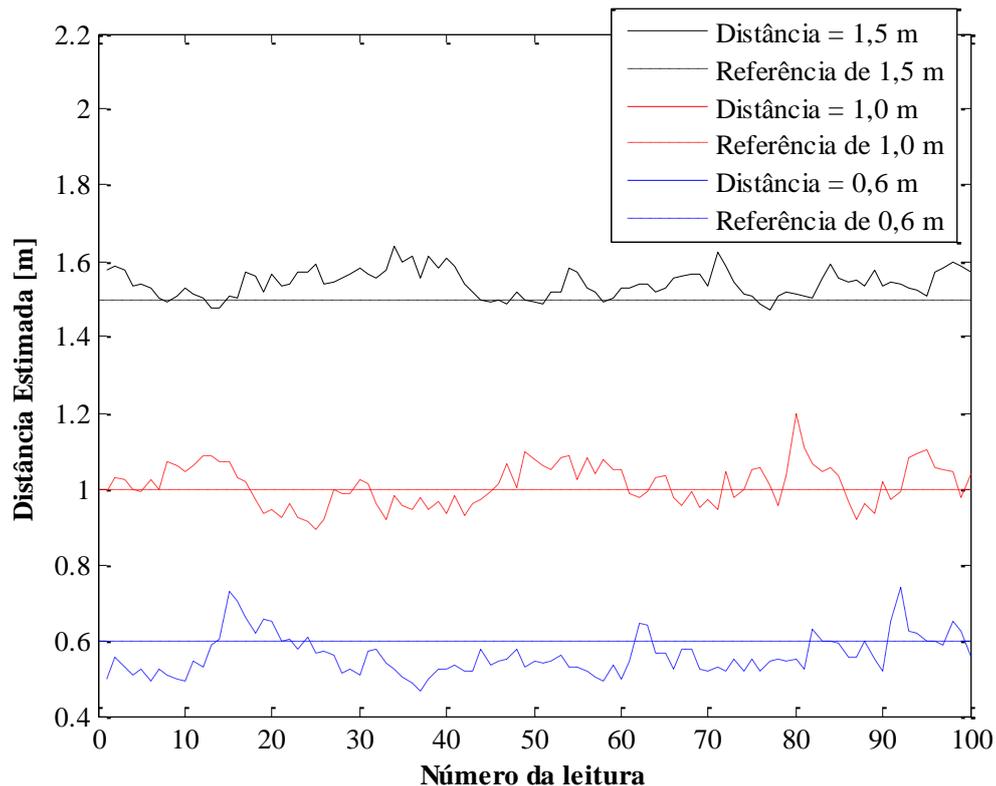


Figura 4. Gráfico dos dados obtidos no ensaio

Vale ressaltar que durante o processo de aquisição dos dados também é utilizado o filtro de Kalman.

Observando os dados da Tab. 4, pode-se afirmar que os valores de referência estão dentro do intervalo obtido, ou seja, estão dentro do intervalo [Limite Inferior; Limite Superior]. Entretanto, o desvio padrão máximo obtido é de 10,7% do valor da referência de 0,60 m, um valor consideravelmente alto.

As possíveis fontes de erros para o teste realizado são:

- Precisão no posicionamento da antena receptora, uma vez que a emissora está em um local fixo;
- Precisão no ângulo de elevação  $\theta = 90^\circ$ ;
- Presença de ruídos externos;
- Resolução dos equipamentos de medição.

#### 4. CONCLUSÕES

Por meio deste trabalho pode-se mostrar a eficiência do filtro de Kalman, uma vez que este proporciona uma redução significativa do ruído presente no sistema. Além disso, a implementação de um sistema de posicionamento interno indica que o método é passível de ser utilizado em aplicações nas quais a localização de produtos em ambientes internos seja necessária, mas sem a exigência de uma precisão melhor do que 6 cm. Todavia, é possível observar que o sistema possui pontos que podem ser aperfeiçoados. Alguns deles seriam a otimização dos parâmetros utilizados no filtro de Kalman, a utilização de uma outra função de calibração do sistema, tal como uma exponencial, além da aquisição de equipamentos de medição mais precisos.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia e aos órgãos de fomento CAPES, CNPQ e FAPEMIG.

#### 6. REFERÊNCIAS

- Azambuja, M., 2011, "C. Modelos e Técnicas para Simulação de Sistemas UHF de Identificação por Rádio Frequência (RFID)" Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Brown, R.G. and Hwang, P.Y.C., 1997, "Introduction to random signals and applied Kalman filtering : with MATLAB exercises and solutions", Vol. 1, p. 484.

- DiGiampaolo, E., 2010, "A Passive-RFID Based Indoor Navigation System for Visually Impaired People", 3rd International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies (ISABEL), Rome.
- DiGiampaolo, E. and Martinelli, F., 2012, "A Passive UHF-RFID System for the Localization of an Indoor Autonomous Vehicle", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 59, pp. 3961-3970.
- DiGiampaolo, E. and Martinelli, F., 2014, "Mobile Robot Localization Using the Phase of Passive UHF RFID Signals", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 61, pp. 365-376.
- Hekimian-Williams, C., Grant, B. ; Xiuwen, L., Zhenghao, Z. and Kumar, P., 2010, "Accurate localization of RFID Tags using phase difference", IEEE International Conference on RFID, Florida, USA, pp. 89-96.
- Saab, S.S. and Nakad, Z., S., 2011, "A Standalone RFID Indoor Positioning System Using Passive Tags", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 58, pp. 1961-1970.
- Ting S.L., Kwok S.K., Tsang A.H.C. and Ho G.T.S., 2011, "The Study on Using Passive RFID Tags for Indoor Positioning", International Journal of Engineering Business Management, Vol.3. No.1., pp. 9-15.

## 7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

# RFID POSITIONING SYSTEM BASED ON KALMAN FILTER

Rodrigo Hiroshi Murofushi, MAPL, [hiroshirhm@gmail.com](mailto:hiroshirhm@gmail.com)<sup>1</sup>

Bruno Luiz Pereira, MAPL, [bruno\\_luiz@meca.ufu.br](mailto:bruno_luiz@meca.ufu.br)<sup>1</sup>

José Jean-Paul Zanlucchi de Souza Tavares, MAPL, [jean.tavares@mecanica.ufu.br](mailto:jean.tavares@mecanica.ufu.br)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila 2121 - Santa Mônica - Uberlândia - MG

**Abstract.** This paper presents as a proposal to implement an Internal Positioning System (IPS) using Radio Frequency Identification System (RFID) whose basic elements are the interrogator or reader equipment and passive electronic identification tags or just tags. For an RFID system to be used as an IPS it is necessary to estimate the distance the tag is located in relation to the reader based on the received signal strength indication (RSSI) taking into consideration the elevation angle of the electronic tag. First, the value of the received signal power is processed using a Kalman filter, which combines the measurement data with a priori knowledge of the system and measurement equipment for the purpose of estimating the desired variable so that the error is minimized statistically. This filter has a predictor-corrector behavior, since the data available at a given time instant  $k$  are used to find an estimation of the value of the desired variable at time  $k + 1$ , and perform a balancing between the estimated value and the obtained by the sensor. Subsequently, an algorithm is used to estimate the position of the tag, based on the reading of the power emitted by it to determine its position ignoring the elevation angle. With the previously estimated position, an iterative process can be implemented so that the elevation angle of the tag is iteratively compensated from the intensity of the received signal power. Finally, simulations show that the Kalman filter and the algorithm used to estimate the position of the tag are likely to be implemented in the construction of an IPS.

**Keywords:** RFID, IPS, Kalman Filter