

# Desempenho de um Sistema Localizador de Sinais num Ambiente com Ruído

Luís Filipe de Almeida Silva<sup>1</sup>, Joaquim José de Amaral Vieira e Costa<sup>2</sup>, Artur Andrade de Moura<sup>3</sup>

**Resumo**—Neste trabalho é verificado o comportamento e desempenho de um sistema composto por quatro antenas com a capacidade de localizar fontes eletromagnéticas numa determinada frequência. Os testes realizados demonstram a eficácia deste sistema em ambientes com ruído. A criação de proteções para colocar em cada uma das antenas, com o intuito de diminuir a interferência mútua existente entre estas, e o impacto que provocam na leitura de potências é também analisada.

**Index Terms**—Desempenho do sistema, potência do sinal recebido, ruído.

## I. INTRODUÇÃO

A localização de fontes de radiofrequência tem vindo a ser alvo de investigação em diversas áreas e aplicações, nomeadamente em radares e comunicações móveis. Com o crescimento da utilização de dispositivos móveis eletrónicos como o telemóvel e o GPS, existe por vezes, a necessidade de conhecer a localização destes dispositivos principalmente em ambientes interiores (*indoor*) [1].

A introdução de um sistema de localização no próprio ambiente interior poderia permitir saber a localização dos dispositivos móveis e, dessa forma, essa informação permitiria trazer benefícios ao utilizador.

Os testes realizados neste trabalho incidem sobre a utilização de um sistema de antenas produzido e realizado por Esequiel Pereira [2] em 2011 na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Este sistema tem a capacidade de receber um sinal radiofrequência na banda dos 2.4 GHz que é utilizada largamente nas redes sem fios. Depois da receção do sinal, o sistema de antenas estima a distância e o ângulo de chegada dessa fonte através de algoritmos implementados em MATLAB.

Até à data desta atividade, este sistema foi unicamente testado no interior da câmara anecoica, ou seja, num ambiente com condições ideais. Por investigar ficou o teste do sistema num ambiente ruidoso, da perspetiva eletromagnética. Outro aspeto a investigar foi a redução da interferência eletromagnética mútua entre as antenas, notado no desempenho original.

## II. COMPOSIÇÃO DO SISTEMA DE ANTENAS

### A. Antenas

Este sistema utiliza quatro antenas planares *microstrip* [3] semelhantes com uma forma física retangular. Estas antenas

são constituídas por uma camada metálica muito fina depositada sobre um substrato com uma determinada altura. A antena foi dimensionada através da especificação de três parâmetros: a frequência de operação  $f = 2.4GHz$ , a espessura do substrato  $h = 0.813mm$  e a constante dielétrica do material do substrato  $\epsilon_r = 3.38$ .

### B. Placas de medição de potência

Outro componente essencial que faz parte do sistema é a placa de medição de potência. Cada uma das quatro antenas tem a sua placa, com a capacidade de medir a potência captada pela a antena. Cada placa apresenta uma entrada para o sinal radiofrequência medido em *dBm* e uma saída que fornece uma tensão proporcional em *volt* à potência de entrada. O circuito integrado utilizado para fazer a conversão é o ADL5513.

### C. Controlador Arduino

O Arduino [4] é um controlador de interface programável apresentando grande versatilidade que tem a finalidade (neste sistema) de converter a tensão analógica em tensão digital através dos conversores analógicos/digitais que possui. Através de uma ligação porta série, os dados são enviados para um computador a executar algoritmos desenvolvidos em MATLAB com a finalidade de estimar a localização da fonte eletromagnética.

### D. Sistema Final

As quatro antenas planares estão colocadas num suporte circular com um afastamento físico entre estas de  $90^\circ$ . Quando a antena 1 está alinhada com a fonte emissora considera-se que o sistema não está desfasado do ângulo de chegada do sinal e toma o valor  $0^\circ$ . No caso de ser a antena 2 a estar perfeitamente alinhada com a fonte emissora considera-se que existe um desfasamento de  $90^\circ$ . De forma semelhante, considera-se que para a antena 3 o desfasamento é de  $180^\circ$  e para a antena 4 de  $270^\circ$ .

Cada antena recebe uma determinada potência de uma fonte emissora, de seguida as placas de medição de potência convertem a potência recebida para tensão analógica, o controlador de interface programável Arduino converte essa tensão analógica em tensão digital e finalmente esses dados são recebidos num computador e tratados em MATLAB.

## III. TESTES REALIZADOS E RESULTADOS

### A. Proteções metálicas

Um dos objetivos deste trabalho consiste em encontrar forma de minimizar a interferência mútua entre as antenas,

<sup>1</sup>ee06109@fe.up.pt

<sup>2</sup>Professor auxiliar do DEEC, FEUP, jjcosta@fe.up.pt

<sup>3</sup>Professor auxiliar do DEEC, FEUP, amoura@fe.up.pt

isto é, minimizar o impacto que cada antena tem na leitura de potência de outra antena adjacente. Para tal, construiu-se uma proteção com interior metálico para cada uma das antenas.

Inicialmente o sistema foi colocado no interior da câmara anecoica sem as proteções e foram registadas as potências de cada antena em saltos de 5° numa rotação completa (0° - 360°) em função do ângulo. O sistema de antenas é colocado em cima de um suporte giratório que é controlado através de um computador e onde o utilizador especifica em graus a rotação que pretende. Numa fase posterior, foi repetido o processo de registo mas, desta vez, com as proteções colocadas nas antenas.

Verificou-se que o nível de potência recebido pelas antenas subiu com a utilização das proteções e a interseção entre os diagramas de radiação das antenas adjacentes aconteceu a um nível de potência mais baixo e, desta forma, os diagramas de cada antena ficaram mais bem definidos em forma de senoide e com menos picos de ruído.

Os testes descritos anteriormente foram repetidos no exterior da câmara anecoica, ou seja, num ambiente sujeito a interferências eletromagnéticas e reflexões do sinal. A Figura 1 apresenta os resultados das potências das antenas em função do ângulo. É possível verificar que o segundo diagrama (com proteções) apresenta curvas de radiação mais bem definidas e com menos interferência mútua entre as antenas adjacentes. Os efeitos provocados pela utilização das proteções no interior e exterior da câmara anecoica é mais perceptível na situação exterior.

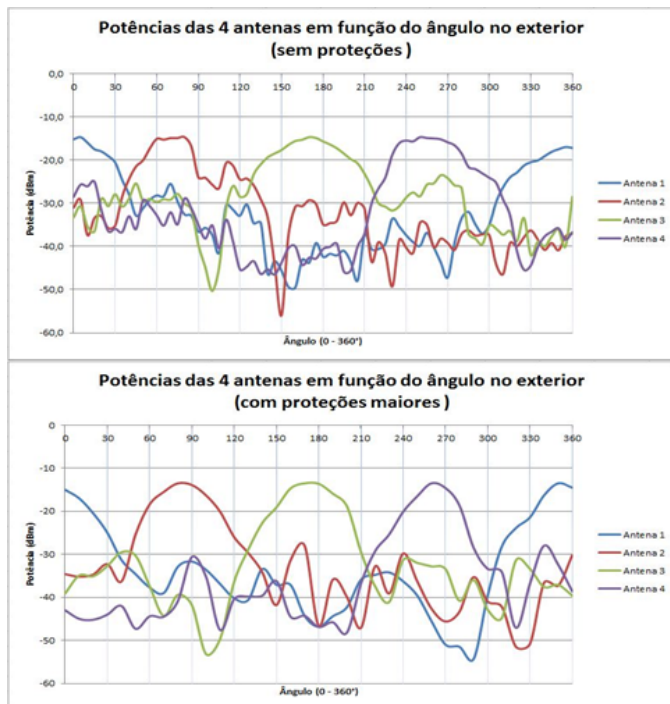


Figura 1. Incluir apenas uma figura no artigo.

### B. Reflexões do sinal

Foi realizada uma simulação em MATLAB que estuda uma configuração usada nas medições exteriores à câmara

anecoica em dois casos específicos, sobre a contribuição do sinal emitido pela antena emissora mais o sinal refletido numa parede ou porta metálica. Teoricamente o sinal que é refletido na parede ou na porta tem uma inversão de fase do campo elétrico de 180° e, desta forma, é necessário ter em conta este efeito nos cálculos da simulação. Assim, em alguns pontos do espaço, a conjugação do sinal direto emitido mais o sinal refletido pode provocar um anulamento do sinal recebido ou, inversamente, uma adição do sinal provocando um aumento do sinal recebido que se traduz na potência recebida pelas antenas.

Num ambiente com ruído, os sinais na presença de obstáculos podem originar propagação multipercursos e variabilidade na intensidade do sinal alterando a potência recebida nas antenas que se traduz posteriormente numa má estimativa da localização da fonte emissora.

## IV. CONCLUSÃO

A utilização das proteções metálicas para cada uma das antenas demonstrou uma melhoria nos diagramas de potência e uma redução da interferência mútua provocada entre antenas adjacentes.

Por outro lado, em ambientes ruidosos, o sinal radio-frequência emitido é suscetível de ser largamente afetado por obstáculos e outros objetos que provocam reflexões e multipercursos do sinal tendo impacto direto na correta estimativa da localização da fonte emissora por parte do sistema de antenas.

Desta forma, o sistema atual não apresenta uma boa eficácia na estimativa da localização de uma fonte eletromagnética, principalmente em ambientes com ruído.

O facto de se usar a potência do sinal simplifica o sistema mas limita as suas capacidades. Um trabalho futuro a desenvolver poderia ser alterar o sistema de antenas de forma a introduzir a capacidade de estabelecer uma diferença temporal entre os sinais das várias antenas para permitir avançar com o processamento de sinal mais sofisticado. Se houvesse essa capacidade de controlar as quatro fases, teria sido possível formar cortinas com uma maior agilidade, melhorando a eficácia do sistema.

## REFERÊNCIAS

- [1] X. Hongli, H. Liusheng, X. Tao, H. Yongkai, and W. Yang, "Practical indoor tracking using wireless sensor networks," in *2009 6th Workshop on Positioning, Navigation and Communication (WPNC'09)*, 19 March 2009. IEEE, 2009, pp. 209–15.
- [2] E. da Veiga Pereira, "Desenvolvimento de um sistema de localização de fontes rádio frequência para aplicações indoor," Master's thesis, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2011.
- [3] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*.
- [4] "Arduino mega 2560," <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>.