

Trabalho Final 1

Statistical Analysis of Multiple Antenna Strategies for Wireless Energy Transfer

Aline Aires Teixeira - Matrícula 51

Emmanuel Priestley Titus - Matrícula 924

02 de maio de 2024

1. Introdução

O artigo é uma pesquisa sobre a estratégia de transferência de energia sem fio (WET) com múltiplas antenas ,focando em características práticas de hardware de energia (EH) e a internet das coisas(IoT) para estender a vida útil da bateria dos dispositivos em redes sem fio de baixa potência.Essas duas tecnologias jogam um papel importante na colheita de energia de sinais de radiofrequência (RF) e suas aplicações em redes como as de sensores sem fio (WSNs) e identificação por radiofrequência (RFID). Explorando cenários de transmissão em redes RF-EH, como a WET e a Rede de Comunicação Alimentada sem Fio (WPCN), destaca-se a busca por otimizar a eficiência energética e a confiabilidade das redes, abordando desafios como a aquisição de informações de canal (CSI). Além disso, se discute estratégias para melhorar a previsibilidade e justiça na distribuição de energia em dispositivos EH sob diversas condições de canal, refletindo a busca contínua por soluções inovadoras para promover a viabilidade e o desempenho desses sistemas em ambientes práticos [1].

2. Modelo do Sistema

O modelo de sistema apresentado no artigo aborda a transferência de energia sem fio (WET) com múltiplas antenas de transmissão, considerando características práticas de hardware de energia. A Equação 1 representa a energia colhida no nó do sensor único ξ_{SA}^0 , η_e é a eficiência da colheita de energia calculada através de sua divisão com M, onde M significa o número de nós, esse cálculo multiplicado pelo somatório $i = 1$ até M pela magnitude de todos os canais $|h_i|^2$. A expressão ξ_{SA}^0 explicada é usada para plotar a Figura 1 e 2:

$$\xi_{SA}^0 = \frac{\eta_e}{M} \sum_{i=1}^M |h_i|^2 \quad (1)$$

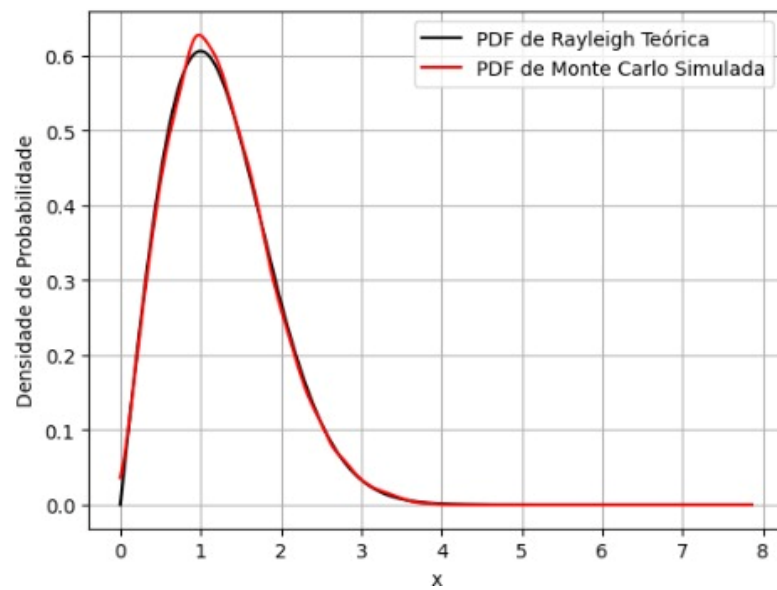


Figura 1. Comparativo entre PDF Teórica de Rayleigh e PDF Estimada por Monte Carlo para $M = 4$.

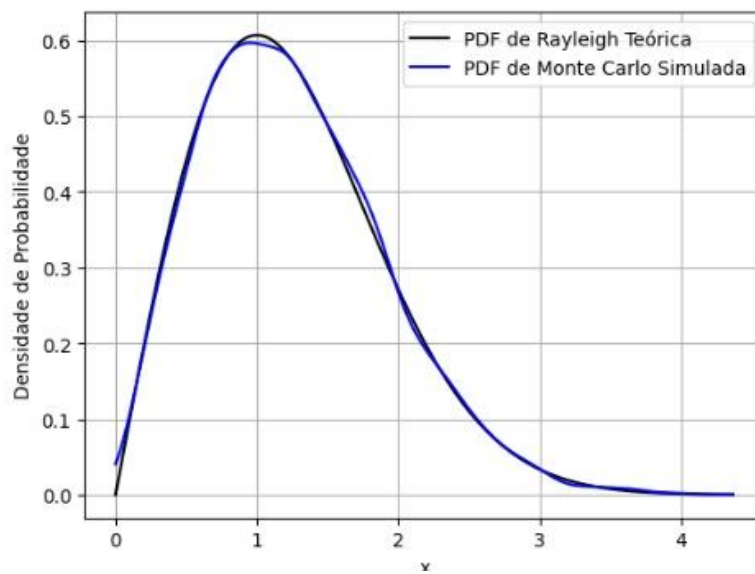


Figura 2. Comparativo entre PDF Teórica de Rayleigh e PDF Estimada por Monte Carlo para $M = 16$.

3. Procedimentos e Simulações

O procedimento adotado no estudo inclui a análise estatística de estratégias de múltiplas antenas para a transferência de energia sem fio (WET) em um contexto de comunicações sem fio. Os códigos abaixo ilustram a reprodução da simulação da Figura 2 do artigo [1] para $M = 4$ e $M = 16$.

Para $M = 4$:

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.stats import rayleigh
from scipy.stats import gaussian_kde

ne = 1    # Eficiência da colheita de energia
M = 4     # Número de nós
num_amostras = 10000 # Número de amostras

# Simulação das amostras dos canais
h1 = np.random.rayleigh(scale=1, size=num_amostras)
h2 = np.random.rayleigh(scale=1, size=num_amostras)
h3 = np.random.rayleigh(scale=1, size=num_amostras)
h4 = np.random.rayleigh(scale=1, size=num_amostras)

# Calculando a soma dos quadrados de h1, h2, h3 e h4
htotal = h1**2 + h2**2 + h3**2 + h4**2

# Calculando epsilon_SA^0
epsilon_SA_0 = (ne / M) * htotal

# Parâmetro de escala da distribuição Rayleigh
sigma = 1

# Simulação das amostras da energia colhida
energia_colhida_simulada = np.random.rayleigh(scale=sigma,
size=num_amostras)

# Criando um intervalo de valores para x
x = np.linspace(0, max(epsilon_SA_0), 1000)

# Calculando a PDF de Rayleigh teórica
```

```

pdf_rayleigh = rayleigh.pdf(x, scale=sigma)

# Estimando a PDF de Monte Carlo simulada
kde = gaussian_kde(energia_colhida_simulada)
pdf_monte_carlo = kde(x)
pdf_monte_carlo = pdf_monte_carlo / np.trapz(pdf_monte_carlo, x) #
Normalização

# Plotando a PDF de Rayleigh teórica
plt.plot(x, pdf_rayleigh, color='black', linestyle='-', label='PDF de
Rayleigh Teórica')

# Plotando a PDF de Monte Carlo simulada
plt.plot(x, pdf_monte_carlo, color='red', linestyle='-', label='PDF de
Monte Carlo Simulada')

plt.xlabel('x')
plt.ylabel('Densidade de Probabilidade')
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.show()

```

Para M = 16:

```

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.stats import rayleigh
from scipy.stats import gaussian_kde

ne = 1    # Eficiência da colheita de energia
M = 16    # Número de nós
num_amstras = 10000 # Número de amostras

# Simulação das amostras dos canais
h1 = np.random.rayleigh(scale=1, size=num_amstras)
h2 = np.random.rayleigh(scale=1, size=num_amstras)
h3 = np.random.rayleigh(scale=1, size=num_amstras)
h4 = np.random.rayleigh(scale=1, size=num_amstras)
h5 = np.random.rayleigh(scale=1, size=num_amstras)
h6 = np.random.rayleigh(scale=1, size=num_amstras)
h7 = np.random.rayleigh(scale=1, size=num_amstras)
h8 = np.random.rayleigh(scale=1, size=num_amstras)

```

```

h9 = np.random.rayleigh(scale=1, size=num_amostras)
h10 = np.random.rayleigh(scale=1, size=num_amostras)
h11 = np.random.rayleigh(scale=1, size=num_amostras)
h12 = np.random.rayleigh(scale=1, size=num_amostras)
h13 = np.random.rayleigh(scale=1, size=num_amostras)
h14 = np.random.rayleigh(scale=1, size=num_amostras)
h15 = np.random.rayleigh(scale=1, size=num_amostras)
h16 = np.random.rayleigh(scale=1, size=num_amostras)

# Calculando a soma dos quadrados de h1, h2, h3, h4, h5, h6, h7, h8, h9,
h10, h11, h12, h13, h14, h15 e h16
htotal = h1**2 + h2**2 + h3**2 + h4**2 + h5**2 + h6**2 + h7**2 + h8**2 +
h9**2 + h10**2 + h11**2 + h12**2 + h13**2 + h14**2 + h15**2 + h16**2

# Calculando epsilon_SA^0
epsilon_SA_0 = (ne / M) * htotal

# Parâmetro de escala da distribuição Rayleigh
sigma = 1

# Simulação das amostras da energia colhida
energia_colhida_simulada = np.random.rayleigh(scale=sigma,
size=num_amostras)

# Criando um intervalo de valores para x
x = np.linspace(0, max(energia_colhida_simulada), 1000)

# Calculando a PDF de Rayleigh teórica
pdf_rayleigh = rayleigh.pdf(x, scale=sigma)

# Estimando a PDF de Monte Carlo simulada
kde = gaussian_kde(energia_colhida_simulada)
pdf_monte_carlo = kde(x)
pdf_monte_carlo = pdf_monte_carlo / np.trapz(pdf_monte_carlo, x) #
Normalização

# Plotando a PDF de Rayleigh teórica
plt.plot(x, pdf_rayleigh, color='black', linestyle='--', label='PDF de
Rayleigh Teórica')

# Plotando a PDF de Monte Carlo simulada
plt.plot(x, pdf_monte_carlo, color='pink', linestyle='--', label='PDF de
Monte Carlo Simulada')

```

```
plt.xlabel('x')
plt.ylabel('Densidade de Probabilidade')
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.show()
```

4. Conclusão

O estudo investigou estratégias de transferência de energia sem fio com múltiplas antenas, enfocando características práticas do hardware de energia. Ao analisar a eficácia dessas estratégias, constatou-se que abordagens livres de informações de canal são mais vantajosas à medida que o número de dispositivos aumenta. Isso ressalta a relevância de considerar não apenas aspectos teóricos, mas também as características reais do hardware ao projetar sistemas de comunicação sem fio. Essas descobertas têm implicações significativas para o desenvolvimento futuro de tecnologias WET para otimizar o desempenho e a eficiência desses sistemas em ambientes práticos.

Referência

[1] O. L. A. Lopez, H. Alves, R. D. Souza, and S. Montejo-Sanchez, “Statistical analysis of multiple antenna strategies for wireless energy transfer,” *IEEE Transactions on Communications*, vol. 67, no. 10, pp. 7245–7262, 2019.