Projeto IoT

Campanha de medição LoRaWan com gateway do campus IFSC-SJ

Curso: Engenharia de Telecomunicações

Disciplina: CSF029008 - Comunicações Sem Fio

Professor: Mário De Noronha Neto

Alunos: Andrey Adriano da Rosa, Fausto Cristiano, Jessica Gomes

Carrico, Leonardo Ludvig Silva e Lucas Coelho Raupp



Introdução

Objetivo do Projeto:

Coletar dados na área central de São José, SC, usando o dispositivo IoT DevKit - LoRaWAN.

Metodologia:

- Utilização do IoT DevKit LoRaWAN.
- Coleta de dados para cálculo do expoente de perda.
- Determinação do alcance efetivo do gateway a uma altura de 18 metros.

Resultados Esperados:

- Expoente de perda na área central de São José.
- Alcance efetivo do gateway instalado no topo da caixa d'água do IFSC-SJ.



Introdução

Importância:

- Melhor compreensão da cobertura e desempenho da rede LoRaWAN.
- Aplicação de dados para otimizar a infraestrutura de comunicação no local.

Localização do Gateway:

• Topo da caixa d'água do IFSC-SJ, a 18 metros de altura.



Fundamentação teórica

Modelo de Perda de Caminho Log-Distância:

$$\overline{PL}(dB) = \overline{PL}(d_0) + 10n\log\left(rac{d}{d_0}
ight)$$

Onde:

- $\overline{PL}(dB)$ é a perda de caminho estimado em dB
- $\overline{PL}(d_0)$ é a perda de caminho na distância de referência em dB
- n é expoente de perda de caminho que indica a velocidade com a qual essa perda aumenta com relação à distância e depende do ambiente de propagação específico.
- d₀ é a distância de referência próxima determinada pelas medições perto do transmissor.
- d é a distância de separação $T_x R_x$
- As barras na equação indicam a média conjunta de todos os valores possíveis de perda de caminho para determinado valor de d.

Fundamentação teórica

Modelo de Friis:

$$P_r(d) = \frac{P_t * G_t * G_r * \lambda^2}{(4\pi)^2 * d^2 * L}$$

Onde:

- $P_r(d)$ é a potência recebida em W, a uma determinada distância d em m.
- P_t é a potência transmitida em W.
- G_t é o ganho da antena transmissora em W.
- G_r é o ganho da antena receptora em W.
- λ é o comprimento da onda em m.
- d é a distância em m.
- L é a soma das perdas nas linhas do T_x e R_x em W.

Fundamentação teórica

Cálculo do expoente de perda (n):

$$J(n) = \sum_{i=1}^{k} (P_i - E_i)^2$$
 $E_i = P_0 - 10 * n * \log_{10}(\frac{d_i}{d_0})$

Para medições...

Coordenadas dos pontos outdoor:

| Local | Distância (m) | Latitude | Longitude |
|-------------------|---------------|-------------|-------------|
| Milium | 1221 | -27.6075539 | -48.6390241 |
| Florifarma | 2779 | -27.6077626 | -48.6616950 |
| Bradesco | 1786 | -27.5957679 | -48.6438065 |
| lmobiliária Ideal | 461 | -27.6042976 | -48.6357047 |
| Anhanguera | 884 | -27.6089226 | -48.6418569 |

Simulação no Radio Mobile

Parâmetros

| Frequency (MHz) | 915 | |
|--------------------------|----------|-------------|
| Tx power (Watts) | 0.025 | 13.98 dBm |
| Tx line loss (dB) | 3 | |
| Tx antenna gain (dBi) | 2 | |
| Rx antenna gain (dBi) | 5 | |
| Rx line loss (dB) | 6 | |
| Rx threshold (μV) | 0.0360 | -135.87 dBm |
| Required reliability (%) | 70 | |
| Use land cover | <u>~</u> | |
| Use two rays | | |

Milium

| | | | AMMANUALINA |
|--|-------------------------|------------------|-------------------------|
| | | | AXXABABA |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | Miliium | - IFSC 18m | |
| Ponto 2 (1) | | | (2) IFS |
| Latitude | -27.599595 ° | Latitude | -27.608002° |
| Longitude | -48.641690° | Longitude | -48.633717° |
| Ground elevation | 8.5 m | Ground elevation | 51.0 m |
| Antenna height | 1.5 m | Antenna height | 18.0 m |
| Azimuth | 139.96 TN 159.89 MG ° | Azimuth | 319.95 TN 339.89 MG ° |
| Tilt | 2.76° | Tilt | -2.77° |
| Radio system | | | Propagatio |
| TX power | 13.98 dBm | Free space loss | 93.37 dB |
| TX line loss | 3.00 dB | Obstruction loss | -0.97 dB |
| TX antenna gain | 2.00 dBi | Forest loss | 0.00 dB |
| RX antenna gain | 5.00 dBi | Urban loss | 0.00 dB |
| RX line loss | 6.00 dB | Statistical loss | 6.49 dB |
| RX sensitivity | -135.87 dBm | Total path loss | 98.89 dB |
| Performance Pinton | | | 1,221 km |
| Distance Precision | | | 1.221 km 9.9 m |
| Frequency | | | 9.9 m 915.000 MHz |
| Equivalent Isotropically Radiated Power | | | 913.000 MHZ 0.020 W |
| System gain | | | 145.00 dB |
| | | | 70.000 % |
| Required reliability | | | 70.000 70 |
| Required reliability Received Signal | | | -86.92 dBm |
| Required reliability Received Signal Received Signal | | | -86.92 dBm 10.10 μV |

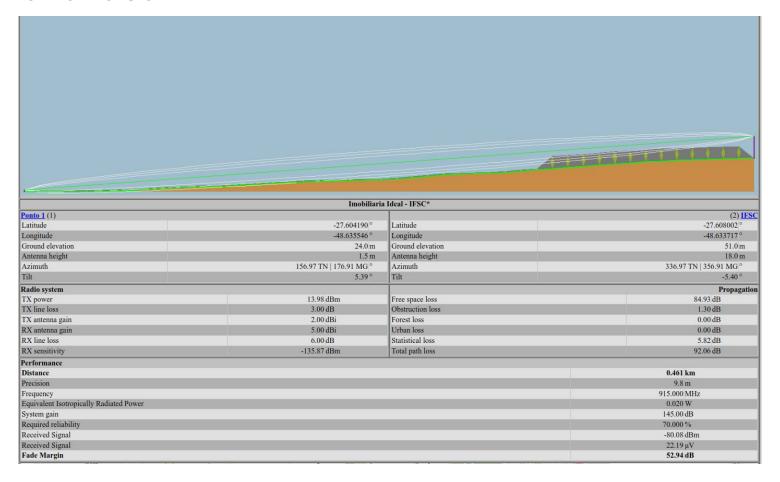
Florifarma

| 8 | | IFSC-Florifa | wma cowete | | |
|---|----|--|------------------------|---------------------------------------|--|
| Coine Diagna IECC (1) | | IFSC-FIORIIA | irilla-correto | (2) Elif | |
| Caixa D'agua IFSC (1) Latitude | | -27.608081° | Latitude | (2) <u>Florifarma</u> -27.607513 ° | |
| Longitude | | -48.633758 ° | Longitude | -27.60/513 ° -48.661954 ° | |
| Ground elevation | | 0 | | -48.661954 5.1 | |
| Antenna height | | The second secon | | | |
| Azimuth | | 271.30 TN 291.23 MG ° | Antenna height Azimuth | 2.0 m 91.31 TN 111.23 MG ° | |
| Tilt | | 2/1.30 TN 291.23 MG | | 91.51 IN 111.25 MG | |
| (1000000) | | -1.25 | Till | | |
| Radio system | | 4.00 10 | - 1 | Propagation | |
| TX power | | 14.00 dBm | Free space loss | 100.51 dB | |
| TX line loss | | 3.00 dB | Obstruction loss | 2.66 dB | |
| TX antenna gain | | 2.00 dBi | Forest loss | 0.00 dB | |
| RX antenna gain | | 5.00 dBi | Urban loss | 0.00 dB | |
| RX line loss | | 6.00 dB | Statistical loss | 6.54 dB | |
| RX sensitivity | | -135.87 dBm | Total path loss | 109.71 dB | |
| Performance | | | | | |
| Distance | | | | 2.779 km | |
| Precision | | | | 10.0 m | |
| Frequency | | | | 915.000 MHz | |
| Equivalent Isotropically Radiated Power | er | | | 0.020 W | |
| System gain | | | | 145.02 dB | |
| Required reliability | | | | 70.000 % | |
| Received Signal | | | | -97.71 dBm | |
| Received Signal | | | | 2.91 μV | |
| Fade Margin | | | | 35.31 dB | |

Bradesco

| | | | ATTIMITED |
|---|-------------------------|------------------|--|
| | | | ALL LAND |
| | | | - Control of the Cont |
| | | | and the second second |
| | | | |
| | link bra | desco ifsc*** | |
| pradesco (1) | | | (2) <u>caixa d'a</u> |
| Latitude | -27.595374° | Latitude | -27.607933° |
| Longitude | -48.645009 ° | Longitude | -48.633717° |
| Ground elevation | 15.7 m | Ground elevation | 50.8 m |
| Antenna height | 2.0 m | Antenna height | 18.0 m |
| Azimuth | 141.46 TN 161.39 MG ° | Azimuth | 321.45 TN 341.39 MG ° |
| Tilt | 1.63 ° | Tilt | -1.65 ° |
| Radio system | | | Propaga |
| TX power | 14.01 dBm | Free space loss | 96.67 dB |
| TX line loss | 3.00 dB | Obstruction loss | -2.45 dB |
| TX antenna gain | 2.00 dBi | Forest loss | 0.00 dB |
| RX antenna gain | 5.00 dBi | Urban loss | 0.00 dB |
| RX line loss | 6.00 dB | Statistical loss | 6.52 dB |
| RX sensitivity | -135.87 dBm | Total path loss | 100.73 dB |
| Performance | | | |
| Distance | | | 1.786 km |
| Precision | | | 10.0 m |
| Frequency | | | 915.000 MHz |
| Equivalent Isotropically Radiated Power | | | 0.020 W |
| System gain | | | 145.03 dB |
| Required reliability | | | 70.000 % |
| Received Signal | | | -88.72 dBm |
| Received Signal | | | 8.20 µV |
| Fade Margin | | | 44.30 dB |

Imobiliária Ideal

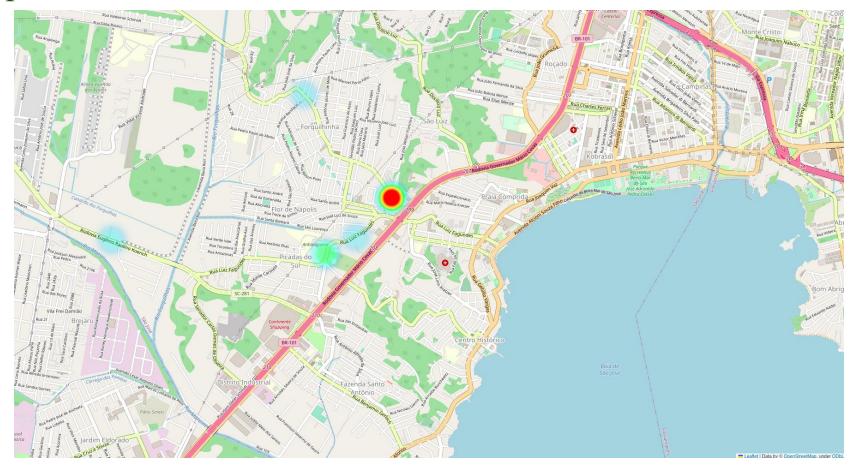


Anhanguera

| | | | ALL DE LOND |
|---|------------------------|--|-------------------------|
| | | | - ARABATA - ARREN |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | An | haguera* | |
| Anhaguera (1) | | | (2) <u>IFSC</u> |
| Latitude | -27.607932 ° | Latitude | -27.608470 ° |
| Longitude | -48.642201 ° | Longitude | -48.633250 ° |
| Ground elevation | 16.7 m | Ground elevation | 51.0 m |
| Antenna height | 1.5 m | Antenna height | 18.0 m |
| Azimuth | 93.88 TN 113.82 MG ° | Azimuth | 273.87 TN 293.82 MG ° |
| Tilt | 3.29° | Tilt | -3.29 ° |
| Radio system | | The state of the s | Propagation |
| TX power | 14.00 dBm | Free space loss | 90.57 dB |
| TX line loss | 3.00 dB | Obstruction loss | 22.69 dB |
| TX antenna gain | 2.00 dBi | Forest loss | 0.00 dB |
| RX antenna gain | 5.00 dBi | Urban loss | 0.00 dB |
| RX line loss | 6.00 dB | Statistical loss | 6.52 dB |
| RX sensitivity | -135.87 dBm | Total path loss | 119.79 dB |
| Performance | | * | |
| Distance | | | 0.884 km |
| Precision | | | 9.9 m |
| Frequency | | | 915.000 MHz |
| Equivalent Isotropically Radiated Power | | | 0.020 W |
| System gain | | | 145.02 dB |
| Required reliability | | | 70.000 % |
| Received Signal | | | -107.79 dBm |
| Received Signal | | | 0.91 μV |
| Fade Margin | | | 25.23 dB |
| | | | |

Medidos em campo

Mapa de Calor



Comparação

Comparação entre dados simulados e medidos

| Local | RSSI simulada (dBm) | PL simulada (dB) | RSSI medido (dBm) | PL medido (dB) |
|-------------------|---------------------|------------------|-------------------|----------------|
| Milium | -86.92 | 98.89 | -109.045455 | 122.935455 |
| Florifarma | -97.71 | 109.71 | -101.090909 | 114.980909 |
| Bradesco | -88.72 | 100.73 | -107.000000 | 120.890000 |
| lmobiliária Ideal | -80.08 | 92.06 | -85.6562500 | 99.5462500 |
| Anhanguera | -107.79 | 119.79 | -96.6086960 | 110.498696 |

Cálculos

Potência recebida no ponto de referência:

$$P_r(235) = \frac{0,025 * 1,584 * 3,162 * 0,32^2}{157,91 * 55.225 * 7,943} = \frac{0,134}{69,267 * 10^6}$$

$$P_r(235) = 1,934 * 10^{-10}W = > -67,134dBm$$

Expoente de perda (n)

```
clear all; close all; clc;
syms n
% Potências calculadas no RadioMobile
A = [235 -67.134 % Ponto de referência
                 % imobiliaria ideal
    461 -80.88
    1204 -86.92 % Millium
   1786 -88.72
                 % Bradesco
   2779 -97.71]; % Florifarma
% Potência medida
B = [235 -67.12
                 % Ponto de referência
                  % Imobiliária Ideal
    461 -84
                 % Anhanguera
    926 -91
   1786 -104.5]; % Bradesco
J = 0;
for i = 1:5
  Ei(i) = A(1,2) - 10*n*log10(A(i,1)/A(1,1));
  J = J + (A(i,2)-Ei(i))^2;
end
J2 = diff(J);
N = double(solve(J2,n))
J = 0;
for i = 1:4
   Ei(i) = B(1,2) - 10*n*log10(B(i,1)/B(1,1));
  J = J + (B(i,2)-Ei(i))^2;
end
J2 = diff(J);
N = double(solve(J2,n))
```

Resultados:

| | Simualdo | Medido |
|---|----------|--------|
| n | 2.7682 | 4.2829 |

Conclusão

- Incorporar variáveis práticas na modelagem de redes LoRaWAN.
- Diferenças significativas entre os resultados obtidos no Radio-Mobile e aqueles observados em campo



Projeto IoT

Campanha de medição LoRaWan com gateway do campus IFSC-SJ

Curso: Engenharia de Telecomunicações

Disciplina: CSF029008 - Comunicações Sem Fio

Professor: Mário De Noronha Neto

Alunos: Andrey Adriano da Rosa, Fausto Cristiano, Jessica Gomes

Carrico, Leonardo Ludvig Silva e Lucas Coelho Raupp

