

1 Teoria

1.1 Free-space path loss

Utrata w sile sygnału spowodowana przejściem fali elektromagnetycznej przez ośrodek (najczęściej powietrze). Wzór na obliczanie FSPL:

$$FSPL = P_{tx} + AG_{tx} + AG_{rx} - P_{rx} - FM - L \quad (1)$$

Gdzie symbole oznaczają:

- P_{tx} - siła trasmitera, wyrażona w dBm
- AG_{tx} - przyrost wynikający z anteny trasmitera, wyrażony w dBi
- AG_{rx} - przyrost wynikający z anteny odbiorcy, wyrażony w dBi
- P_{rx} - siła odbiornika, wyrażona w dBm
- FM - margines zaniku sygnału (fade margin)
- L - straty wynikające np z oddziaływania innych trasmiterów, przeszkód itp.

Dodatkowo, FSPL można obliczyć, używając następujący wzór:

$$FSPL = 20\log_{10}\left(\frac{d}{d_0}\right) + 20\log_{10}(f) + K \quad (2)$$

Gdzie symbole oznaczają:

- d - dystans dzielący trasmiter od odbiorcy, wyrażony w metrach
- d_0 - dystans referencyjny - w tym wypadku 1 metr
- f - częstotliwość trasmitera - wyrażona w MHz
- K - stała, którą można określić wzorem:

$$K = 20\log_{10}\left(\frac{4\pi d_0}{C}\right) \quad (3)$$

gdzie d_0 to dystans referencyjny (taki sam jak we wzorze wyżej), a C to długość fali emitowanej przez trasmiter

Po przekształceniu wzoru, użytkujemy:

$$d = 10^{\left(\frac{FSPL - K - 20\log_{10}(f)}{20}\right)} \quad (4)$$

A po połączeniu obu wzorów dostajemy:

$$d = 10^{\left(\frac{P_{tx} + AG_{tx} + AG_{rx} - P_{rx} - FM - L - K - 20\log_{10}(f)}{20}\right)} \quad (5)$$

2 Eksperymenty

2.1 Wykorzystane urządzenia

1. Smartphone Sony Xperia Z1 Compact (D5503) - odbiornik

Dane techniczne:

- Częstotliwość - 2,4GHz
- Przyrost siły sygnału z anteny - 2dBi

2. Router TP-Link TD-W8970 - nadajnik

Dane techniczne:

- Częstotliwość - 2,4GHz
- Dwie zewnętrzne anteny kierunkowe
- Przyrost siły sygnału z anteny - 4dBi
- Siła transmitera - 16.5dBm

3. Router TP-Link TL-WA701ND - nadajnik

Dane techniczne:

- Częstotliwość - 2,4GHz
- Jedna zewnętrzna antena kierunkowa
- Przyrost siły sygnału z anteny - 2dBi
- Siła transmitera - 15dBm

4. Smartphone Grand 2 (G7102) - nadajnik

Dane techniczne:

- Częstotliwość - 2,4GHz
- Jedna antena wbudowana
- Przyrost siły sygnału z anteny - 0dBi
- Siła transmitera - 10dBm

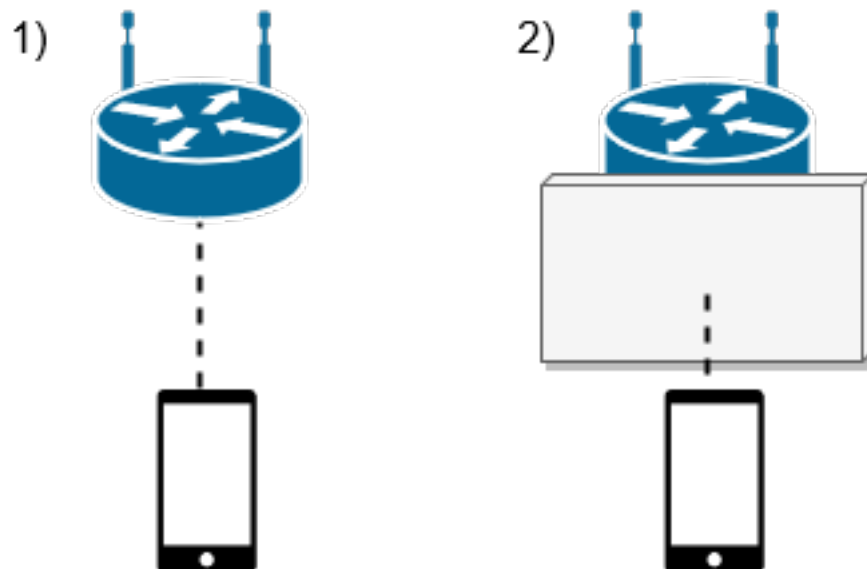
2.2 Warunki

Wszystkie pomiary wykonywane były w pomieszczeniu zamknięty, bez przeszkód na drodze sygnału, dlatego jako margines zaniku sygnału została przyjęta wartość 22 dBm. Inne straty (np interferencja sygnałów z routerów) zostały pominięte i ich wykrycie jest jednym z celów eksperymentu.

2.3 Cele

Celem eksperymentu jest ustalenie, jak zmierzona i obliczona, przy użyciu siły sygnałów, odległość między odbiornikiem i transponderami odnosi się do odległości rzeczywistej. Dodatkowo, będę się starał ustalić, jak duży wpływ na jakość sygnału mają przeszkody, kierunek, w jakim skierowane są względem siebie urządzenia oraz interferencja sygnałów.

Rysunek 1: Szkic eksperymentu nr 1



2.4 Pomiar odległości

Eksperyment polegał na ustawieniu transmitera 1m od odbiornika na jednym poziomie, antenami do siebie. Następnie dodawana była przeszkoda (w tym wypadku książka) i pomiary zostały powtórzone. Eksperyment został wykonany dla wszystkich transponderów.

- Router TP-Link TD-W8970

Wersja bez przeszkody:

Pomiar	Siła sygnału (w dBm)	Obliczona odległość (w metrach)
1	-41	1,16
2	-40	1,04
3	-37	0,73
4	-42	1,30
5	-37	0,73

Wersja z przeszkodą:

Pomiar	Siła sygnału (w dBm)	Obliczona odległość (w metrach)
1	-38	0,82
2	-39	0,92
3	-42	1,30
4	-46	2,07
7	-43	1,46

- Router TP-Link TL-WA701ND

Wersja bez przeszkody:

Pomiar	Siła sygnału (w dBm)	Obliczona odległość (w metrach)
1	-44	0,98
2	-44	0,98
3	-45	1,10
4	-47	1,38
5	-45	1,10

Wersja z przeszkodą:

Pomiar	Siła sygnału (w dBm)	Obliczona odległość (w metrach)
1	-49	1,74
2	-47	1,38
3	-46	1,23
4	-47	1,38
5	-47	1,38

//

- Samsung Grand 2

Wersja bez przeszkody:

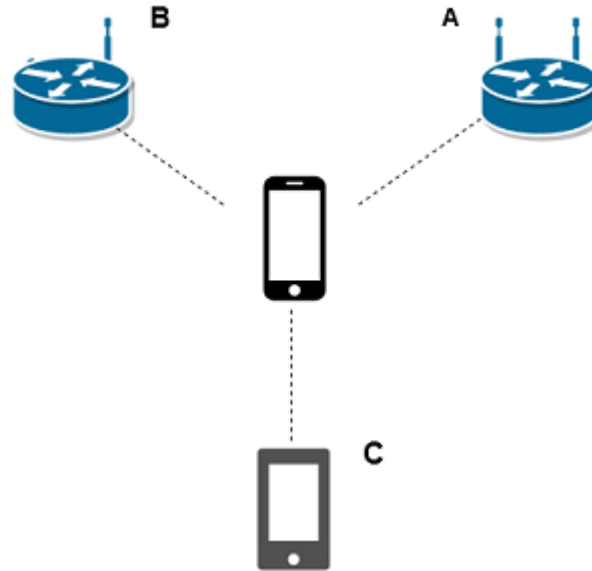
Pomiar	Siła sygnału (w dBm)	Obliczona odległość (w metrach)
1	-51	1,38
2	-50	1,23
3	-49	1,10
4	-48	0,98
5	-53	1,74

Wersja z przeszkodą:

Pomiar	Siła sygnału (w dBm)	Obliczona odległość (w metrach)
1	-50	1,23
2	-54	1,95
3	-53	1,74
4	-55	2,19
5	-55	2,19

//

Rysunek 2: Model systemu do pomiaru zakłóceń



2.5 Pomiary zakłóceń

Eksperyment polegał na rozmieszczeniu trasmiterów na wierzchołkach trójkąta, w środku którego znajdował się odbiornik. Wszystkie urządzenia znajdowały się na tej samej wysokości. Mierzone były zmiany siły sygnału i obliczonej odległości w zależności od kąta położenia odbiornika w stosunku do trasmitera oraz ilości nakładających się na siebie sygnałów. Na początku, włączony był tylko trasmiter o indeksie A. Odbiornik znajdował się w stosunku do trasmitera pod kątem około 50 stopni. Następnie włączony został trasmiter B. Na końcu do modelu został dodany trasmiter C.

Informacje o urządzeniach:

- Transmitter A - TP-Link TD-W8970, współrzędne (1.80, 0)
- Transmitter B - TP-Link TL-WA701ND, współrzędne (0, 0)
- Transmitter C - Samsung Grand 2, współrzędne (1.07, 1.8)
- Odbiornik - współrzędne (1.2, 0.45)

Pomiar bez zakłóceń dla odległości 80cm przy kącie 50°:

Pomiar	Siła sygnału (w dBm)	Obliczona odległość (w metrach)
1	-41	1,16
2	-43	1,46
3	-41	1,16
4	-42	1,30
5	-43	1,46

Pomiar z zakłóceniami z transmitera B dla odległości 80cm przy kącie 50°:

Pomiar	Siła sygnału (w dBm)	Obliczona odległość (w metrach)
1	-44	1,64
2	-47	2,31
3	-45	1,84
4	-48	2,60
5	-47	2,31

Pomiar z zakłóceniami z obu transmiterów dla odległości 80cm przy kącie 50°:

Pomiar	Siła sygnału (w dBm)	Obliczona odległość (w metrach)
1	-48	2,60
2	-47	2,31
3	-44	1,64
4	-48	2,60
5	-46	2,06

2.6 Wyznaczanie lokalizacji użytkownika

Narazie mało do napisania. Z dwóch pomiarów dla modelu z góry, dostałem lokalizacje (-0,4; 1,2; -0,3) oraz (1,5; 1,67; -1,5).

3 Model wyznaczania lokalizacji

Stworzyłem model algorytmu w MatLabie. Nie wyobrażam sobie modelu w trzech wymiarach i z kolorem (według mnie wynikiem będzie prostopadłościan o granatowym dominującym kolorze ścian) , dlatego stworzyłem model 2D, który jest tak naprawdę przekrojem modelu 3D (płaszczyzną XY). Algorytm zmieniłem według zastrzeżeń Pana Doktora. Prostopadłościan, który zawiera w sobie "sfery" ruterów, dzielony jest na max 20 kawałków. Wyznacza się najlepszą pozycję, dla niej brane są sąsiadujące pozycję i uzyskany sześciąt dzieli się na 9 kawałków i ponownie wyznacza najlepszą pozycję. Obliczenia kończą się, jak spełnione jest założenie: $szerKawalka \leq okreslonaDokladnosc$.

Rysunek 3: Model systemu z trzema routerami

