

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} - zysk energentyczny anteny trasmitera, wyrażony w dBi
- AG_{rx} - zysk energentyczny 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:

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

1.2 Zysk energetyczny anteny

Zysk energetyczny anteny jest to stosunek mocy ateny wypromieniowanej w danym kierunku do mocy wypromieniowanej przez antenę wzorcową. Anteną wzorcową może być m.in. antena izotropowa, czyli antena bez fizycznych rozmiarów, która cały sygnał zasilany wysyła we wszystkich kierunkach. W takim wypadku, zysk energetyczny anteny wyrażany jest w dBi .

Na zysk energetyczny mają również wpływ kierunkowość oraz materiał, z którego wykonana jest antena.

1.3 Received signal strength indication

Received signal strength indication (skrótom RSSI) jest to miara określająca moc sygnału odbieranego. Przyjmuje ona wartości niedodatnie (gdzie 0 oznacza sygnał najsilniejszy). Jednostką, w jakiej określa się siłę sygnału jest dBm , która jest logarytmiczną jednostką miary mocy odniesiona do mocy $1mW$.

System Android pozwala na odczytanie siły odbieranego sygnału. Można do tego wykorzystać API *WifiManager* (w przypadku odczytu sygnału WiFi) oraz *BroadcastReceiver* (w przypadku odczytu sygnału Bluetooth).

2 Bluetooth

3 Eksperymenty

3.1 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

3.2 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.

3.3 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.

3.4 Pomiar odległości

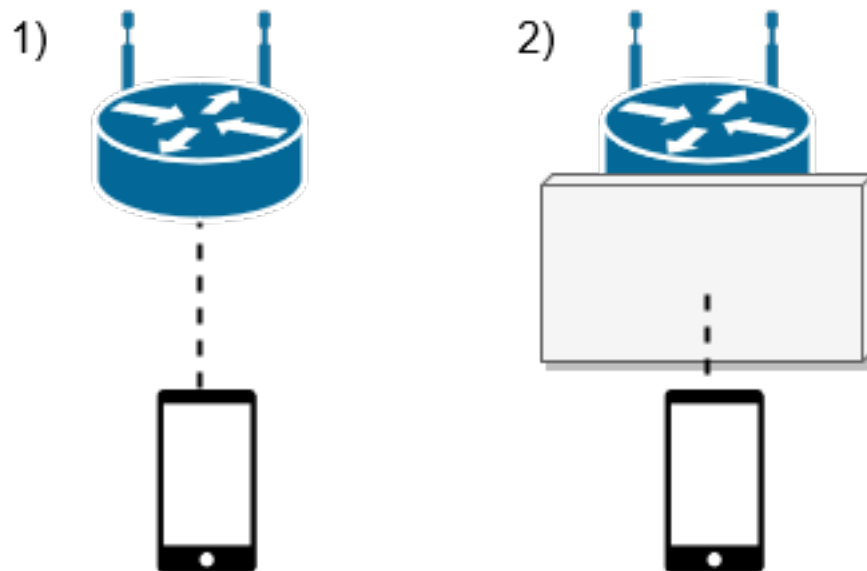
Eksperyment polegał na ustawieniu transpondera 1m od odbiornika na jednym poziomie, antenami do siebie. Następnie dodawana była przeszkoda (w tym wypadku książka) i pomiary zostały powtórzone. Eksperyment został wykonany dla wszystkich transponderów.

- 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

Rysunek 1: Szkic eksperymentu nr 1



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

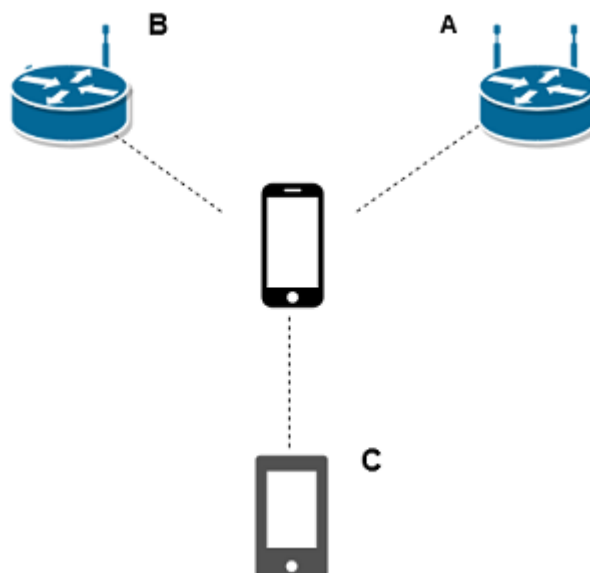
3.5 Pomiary zakłóceń

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)

Rysunek 2: Model systemu do pomiaru zakłóceń



- 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 transponderów 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

3.6 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).

4 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 pozycje i uzyskany sześciątka 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

