Piotr Czekała

Tomasz Junker

Barbara Słojewska

PSRD Projekt 2 – Grupa 1

# Lokalizacja

Linia radiowa Warszawa - Wołomin między punktami:

1. 21°0'40.67"E 52°13'6.18"N - Warszawa
2. 21°14'26.25"E 52°20'25.96"N - Wołomin

# Parametry systemu

Częstotliwości nośne systemu zostały ustalone na 24 563 MHz oraz 25 571 MHz, a szerokość kanału wynosi 28 MHz. Zapewniono przepływność binarną 80 Mb/s przy modulacji 16 QAM. Wymagana BER to 10-6, a dostępność łącza to 99.99%.

# Profil trasy

Profil trasy został wykonany przy użyciu programu Google Earth Pro i przedstawiony na rys. 1. Oznaczone zostały na nim także przeszkody.



Rys. . Profil trasy między Warszawą, a Wołominem.

Parametry trasy:

* Długość trasy 20.7 km
* Wysokość początkowa 113 m
* Wysokość końcowa 98 m

Istotne przeszkody zostały scharakteryzowane poprzez podanie i zapisanie w tabeli (tab. 1) ich odległości od pierwszej anteny, wysokości terenu oraz szacowanej wysokości samej przeszkody (np. budynków na terenie Warszawy i Wołomina, drzew, itp.).

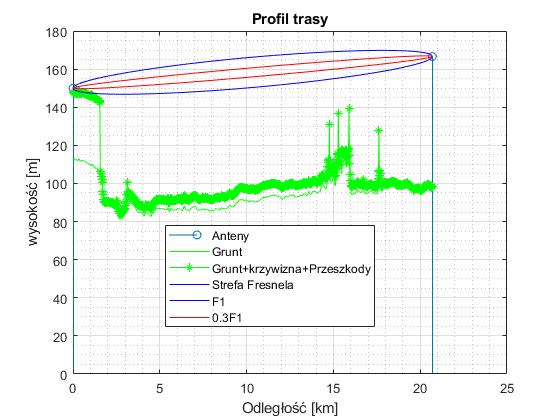
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Numer przeszkody** | **Odległość [km]** | **Wysokość n.p.m. [m]** | **Szacowana wysokość przeszkody [m]** | **Uwagi** |
| 1 | 0,09 | 114 | 20 | gmach EiTI |
| 2 | 0,35 | 114 | 35 | plac konstytucji |
| 3 | 3,11 | 93 | 5 | zjazd z mostu |
| 4 | 14,7 | 110 | 20 | las |
| 5 | 15,3 | 113 | 20 | las |
| 6 | 15,9 | 115 | 20 | las |
| 7 | 17,6 | 106 | 20 | las |

Tab. . Istotne przeszkody.

# Wyznaczanie wysokości anten

Postępując zgodnie z zaleceniami zawartymi w ITU-R P.530 dla tras o długości większej niż 18 km:

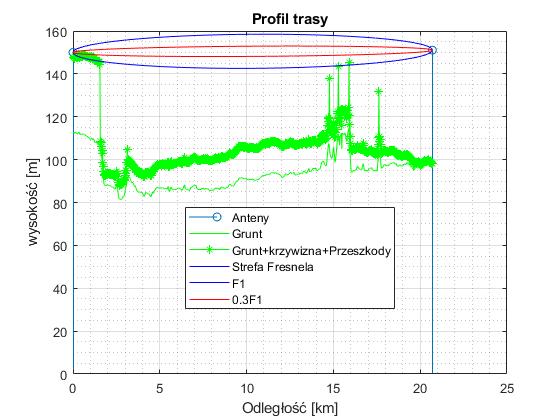
1. Zapewniając 100% pierwszej strefy Fresnela wolnej od przeszkód terenowych. W tym celu obliczyłem poprawkę która należy dodać do wysokości przeszkód oraz promień strefy Fresnela. W celu zasymulowania zabudowy miejskiej do wysokości gruntu zostały dodane 35m, które powinny zasymulować miejską zabudowę. Przyjąłem troposferę normalną k =4/3 i Rz=4/3 \*6370 = 8493.33 km. Wyniki obliczeń symulacyjnych minimalizujących wysokość anten zostały przedstawione na rys. 2



Rys. . Obliczony profil trasy zapewniający wolną pierwsza strefę Fresnela.

W wyniku dopasowania uzyskałem wysokość anten h1=37 m h2= 68.6323 m. W obliczeniach przyjąłem zastępczy krzywoliniowy układ współrzędnych pozwalający na modelowanie zakrzywionej trajektorii przez prostą.

1. W kolejnym kroku analogiczne obliczenia zostały wykonane przyjmując ke=0.57 oraz konieczność uzyskanie wolnej 0.3 pierwszej strefy Fresnela(rys. 3):

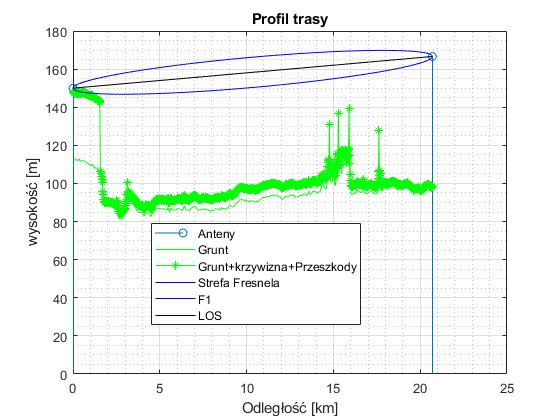


Rys. . Profil trasy zakładający wolne 0.3 pierwszej strefy Fresnela.

W tym przypadku otrzymałem wysokości h1=37 m oraz h2=53.0683 m. Obliczenia zostały wykonane dla niższej częstotliwości nośnej, która ma szerszą pierwszą strefę Fresnela.

Przyjmując najgorszy przypadek anteny powinny być zamocowane na wysokościach h1=37 m oraz h2=68.6323m.

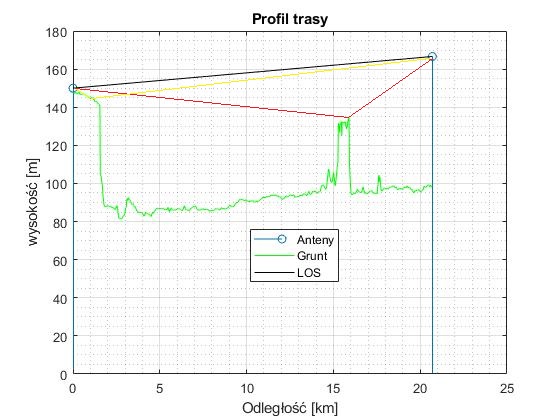
Ostateczny przekrój trasy wygląda zatem następująco:



Rys. . Profil trasy po ustaleniu wysokości anten.

# Wielkość obszarów decydujących o odbiciu i analiza składowych odbitych

Po ustaleniu wysokości zawieszenia anten przystąpiono do wyznaczenia potencjalnych punktów odbić:



Rys. . Potencjalne punkty odbić.

W celu lepszego zasymulowania lasu do fragmentu obszaru od d=14.5 km do d=16 km została dodana wysokość 20 m.

Niektóre punkty nie zostały uwzględnione ze względu na to, że sygnał po odbiciu od nich nie mógłby trafić do anteny odbiorczej. Dla każdego z wytypowanych punktów zostały przeprowadzone obliczenia pozwalające wyznaczyć ich wpływ na odbierany sygnał. W tym celu obliczona została różnica dróg wyrażona w długościach fali, którą pokonuję fala bezpośrednia i odbita dla wartości ke zmieniającej się od 0.57 do 1e9. Dla przeszkody bliższej nadajnika różnica między tmax, a tmin była równa 3.5721 . W przypadku dalszej przeszkody różnica ta wyniosła , obie wartości są większe od jedności zatem ich wpływ powinien zostać uwzględniony.

# Wymagany stosunek SNR

Ze względu na maksymalną bitową stopę błędów BER=10-6 wymagany minimalny stosunek mocy sygnału do szumu może być obliczony w następujący sposób:

1. Oczytanie z wykresu wartości stosunku energii symbolu do gęstości mocy szumu zapewniający uzyskanie BER=10-6 dla modulacji 16 QAM z wykresu:

Obraz zawierający mapa

Opis wygenerowany automatycznie

Rys. 4. Wymagany stosunek Es/N0 dla różnych modulacji.

1. Odczytana z wykresu wartość wynosi 21 dB.
2. Korzystając z zależności:
3. Następnie ze względu na fakt, że otrzymujemy:

1. Wyrażając powyższe równanie w mierze decybelowej:

1. Zatem wymagany stosunek SNRmin może być wyznaczony jako:

# Tłumienie opadowe

Tłumienie opadowe zostało wyznaczone na podstawie ITU-R P.837 dla polaryzacji wertykalnej (pozwala ona uzyskać mniejsze tłumienie).

1. Na podstawie położenie geograficznego trasy odczytana została intensywność opadów [mm/h] przekraczana w strefach klimatycznych przez 0.01 % czasu. Wartość ta wynosi R001=26.4096 mm/h.
2. Dla częstotliwości 25 GHz odczytane zostały współczynniki tłumienia opadowego dla polaryzacji wertykalnej *kv=*0.1533 oraz *av*=0.9491.
3. Wyznaczone zostało tłumienie właściwe:
4. Wyznaczony został współczynnik skrócenia trasy:
5. Wyznaczone zostało tłumienie przekraczane przez 0.01 % czasu

# Tłumienie wywołane przez chmury i mgłę

Ze względu na fakt, że nasza trasa ma niewielki kąt elewacji tłumienie wywołane przez chmury i mgłę zostało oszacowane na podstawie rekomendacji ITU-R P.840:

1. Wyznaczono tłumienność właściwą
2. M – gęstość chmury [g/m^3] typowo 0.05 g/m^3
3. K zostało wyznaczone jako
4. Całkowite tłumienie wywołane chmurami wyniosło

# Tłumienie wywołane przez gazy atmosferyczne

Tłumienie wprowadzane przez gazy atmosfery zostało oszacowane na podstawie wykresu zawartego w rekomendacji ITU-R P.676-9, według którego tłumienność częstotliwościach rzędu 25 GHz wynosi 1.9\*10-1 dB/km pozwala to na wyznaczenie całkowitego tłumienie wprowadzone przez tego gazy jako:

# Tłumienie spowodowane depolaryzacją

Do zrobienia

# Straty w wolnej przestrzeni

Straty w wolnej przestrzeni zależą od częstotliwości oraz odległości między antenami. Zatem będą one różne w zależności od tego, która częstotliwość nośna będzie wykorzystywana:

# Głębokość zaników wielodrogowych

1. Współczynnik geoklimatyczny:

Odczytany gradient dN1=-1.56590e+02, standardowa dewiacja terenu wynosi 38.3 m zatem współczynnik geoklimatyczny wynosi

1. Wyznaczenie nachylenia trasy na podstawie wysokości anten:
2. Obliczenie procentu czasu w którym zanik jest przekraczany średnio w najgorszym miesiącu:
3. Wyznaczenie procentu czasu (średnio w ciągu roku) kiedy głębokość zaników przekracza A:
4. W naszym przypadku odbicia należy odwrócić problem i znając p=0.01% wyznaczyć pw, a następnie wyznaczyć tłumienie A, które jest przekraczane przez 0.01% czasu w ciągu roku.

Wykorzystując powyższe równania otrzymano wynik A = 20.0966 dB, zatem margines na zaniki wielodrogowe jest mniejszy od marginesu, który trzeba uwzględnić ze względu na opady atmosferyczne, który wynosi 36.7956 dB, zatem wybieramy większą z tych dwóch wartości.

# Minimalny poziom mocy sygnału na wejściu modułu odbiorczego

Minimalna moc na wejściu odbiornika może być obliczona jako:

Gdzie RRX oznacza czułość odbiornika.

Podstawiając wartość czułości wybranego przez nas odbiornika (opisanego niżej) oraz obliczony wcześniej SNR otrzymano:

## Bilans mocy w łączu radiowym dla braku zaników i opadów deszczu

Wymagany zysk anten obliczono z bilansu łącza (dla częstotliwości 25 571 MHz), zapewniając margines 20 dB, szacując tłumienie doprowadzeń równe 1 dB i przyjmując maksymalną moc nadawania 19 dBm odczytaną z karty katalogowej wybranej radiolinii:

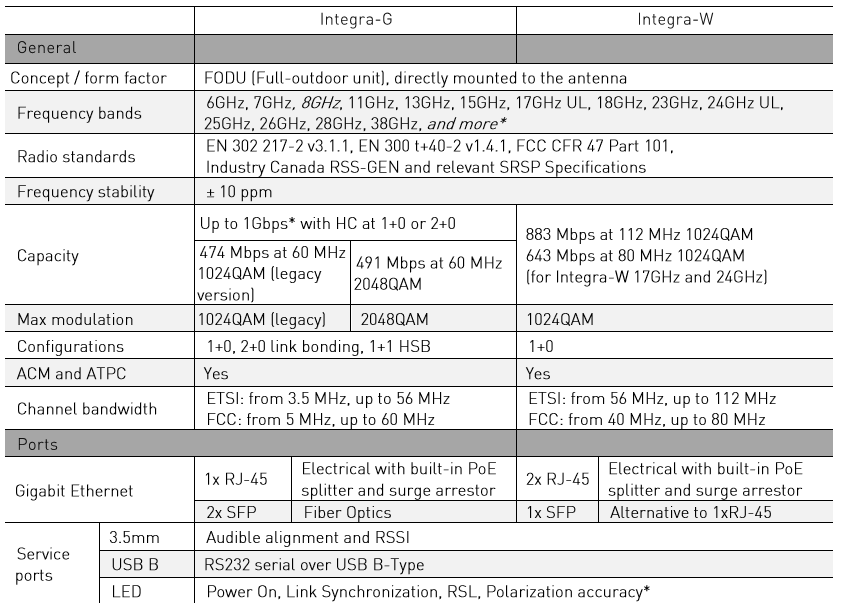
Sprawdzenie bilansu łącza (dla wybranych anten, obliczonego wyżej tłumienia wolnej przestrzeni i tłumienia gazów atmosferycznych, uwzględniając tłumienie doprowadzeń oszacowane na 1 dB):

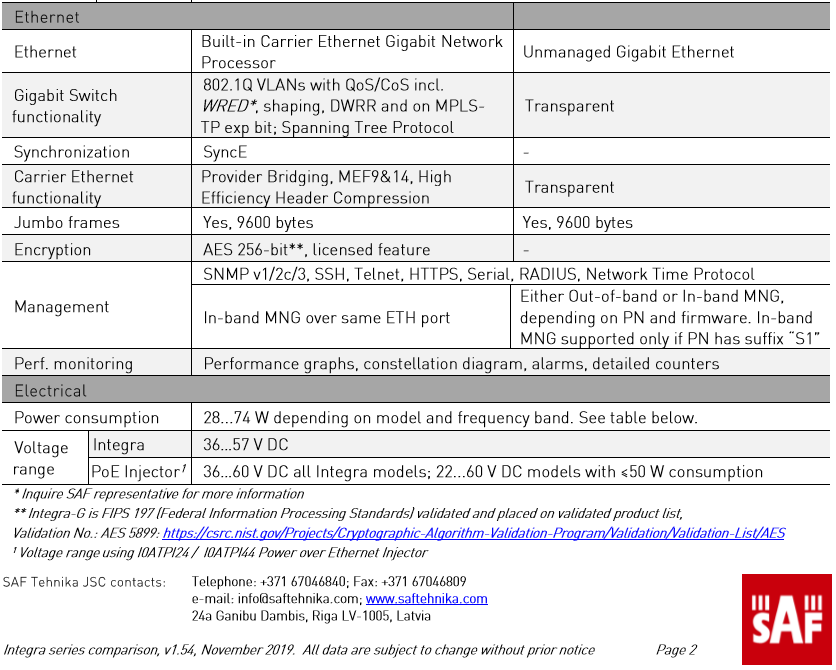
Widzimy więc, że obliczone wartości minimalnej mocy nadawania są niższe niż maksymalna moc nadawania oferowana przez wybraną radiolinię (19 dBm).

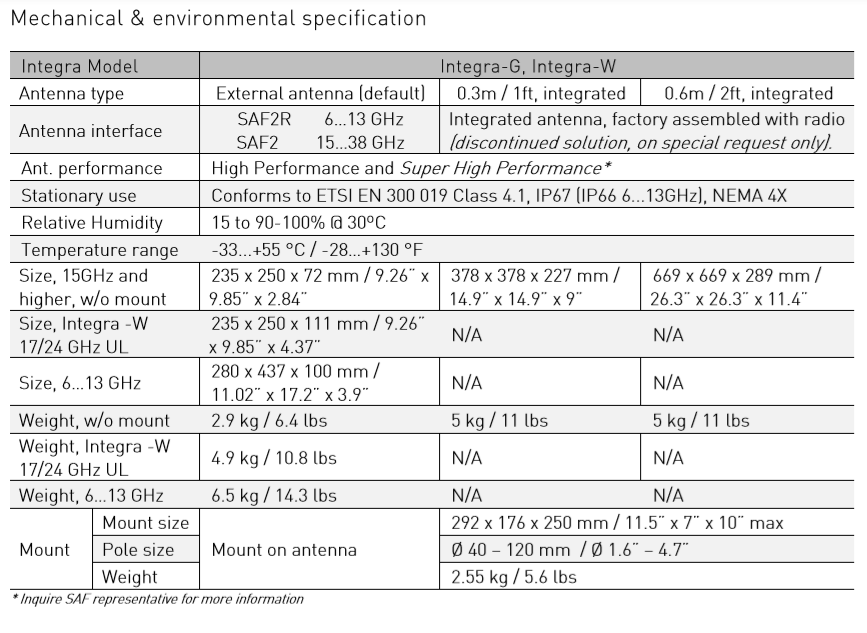
# Wybrane urządzenia

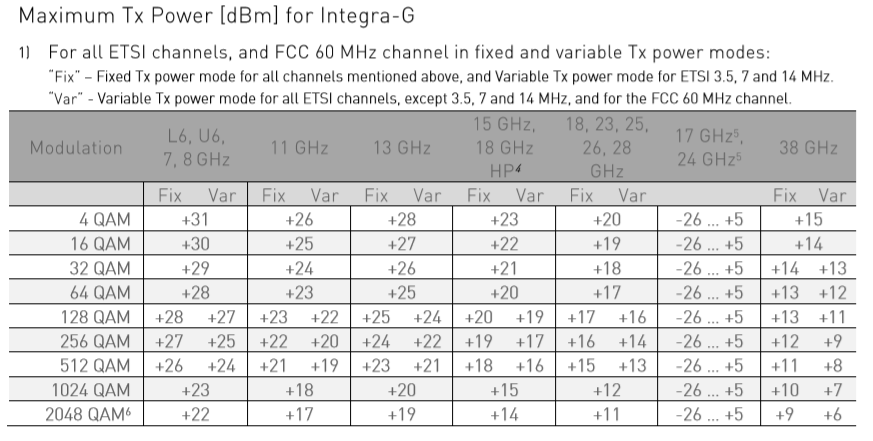
Zdecydowano się wykorzystać radiolinię Integra-G firmy SAF Tehnika, będącą rozwiązaniem całkowicie montowanym na zewnątrz (FODU – Full-outdoor Unit). Jej parametry przedstawiono poniżej. W przypadku naszego projektu radiolinia będzie pracować w paśmie 26 GHz (24,25-26,5 GHz), szerokość kanału wynosi 28 MHz i zastosowano modulacje 16QAM. Dla podanych parametrów odczytano, że maksymalna moc nadawana przez radiolinię wynosi 19 dBm, a czułość odbiornika wynosi -81,5 dBm.

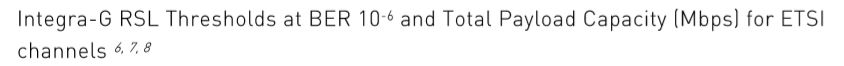
Wybrano antenę o numerze VHP2.5-240 z katalogu firmy Andrew (CommScope Company), mającą średnicę 0,8 m i zysk wynoszący 43,6 dBi (środek pasma). Antenę tę można połączyć z nadajnikiem za pomocą falowodu PBR220.

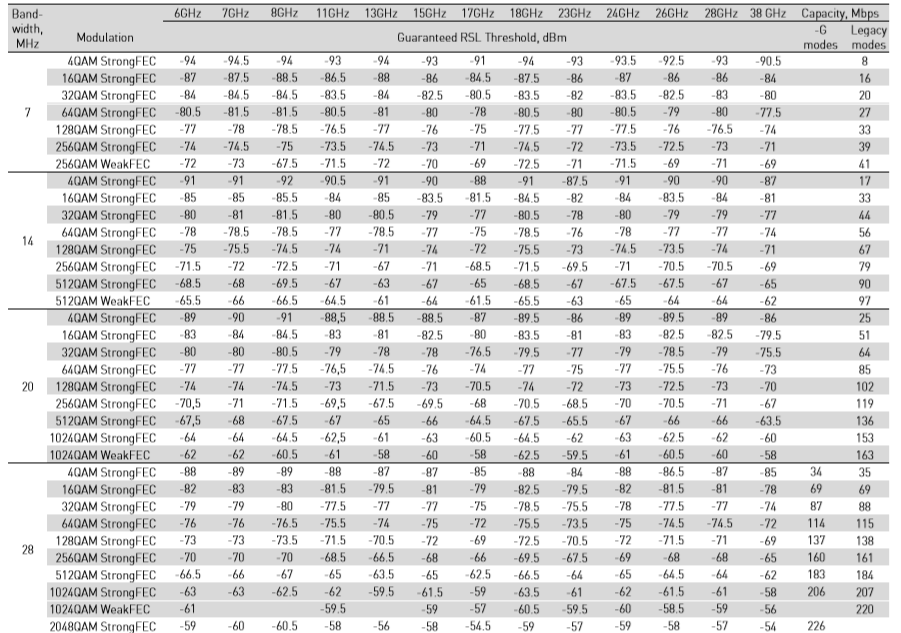












Parametry anten z katalogu firmy Andrew:

