



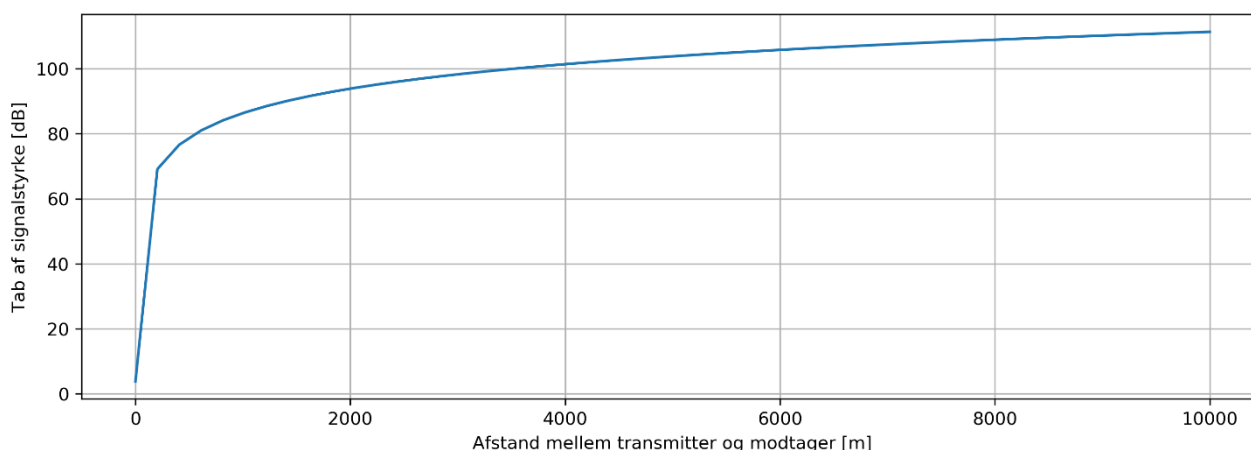
## Trådløs kommunikation - udfordringer og dets relation til klimadagsordenen

Rasmus Krigslund, ekstern lektor  
Institut for Elektroniske Systemer, Aalborg Universitet

### Baggrundsviden, del 1:

I videoen nævnes det, at styrken på et trådløst signal aftager med distancen til transmitteren. Der findes flere forskellige modeller, der beskriver dette forhold mellem signalstyrke og distance. Hver især forsøger de at beskrive forskellige aspekter af den virkelige verden bedst muligt.

En af de mere simple modeller er Log-distance Path Loss modellen [1], og herunder er denne model benyttet til at illustrere, hvordan dæmpningen af signalet bliver større, jo større distancen er mellem transmitter og modtager.



Det trådløse signal udbredes i alle retninger, og vil reflekteres på overflader rundt om transmitteren. Til at starte med beskæftiger vi os udelukkende med det direkte signal komponent, hvilket betyder, at vi kan benytte en forsimplet udgave af Log-distance Path Loss modellen:

$$P_{rx} = P_{tx} - PL_0 - 10 \cdot \gamma \cdot \log_{10} d$$

Hvor:

$P_{tx}$  er styrken på signalet, når det transmitteres. Denne parameter skal indsættes i enheden dBm, dvs. decibel udregnet i forhold til mW.

$P_{rx}$  er signalstyrken på signalet når det modtages. Denne parameter skal ligeledes indsættes i enheden dBm.

$PL_0$  er et reference tab afhængig af den frekvens, der transmitteres på. I det følgende skal  $PL_0 = 11$  dBm benyttes.

$\gamma$  er path loss eksponenten. For transmissioner i vakuum er  $\gamma = 2$ , men i dette tilfælde benytter vi  $\gamma = 2,5$  for bedre at afspejle udbredelsen i et almindeligt udendørsmiljø.

$d$  er distancen mellem transmitter og modtage enheden. Denne parameter indsættes i meter.

### Opgave 1:

I denne opgave anvendes den forsimplede Log-distance Path Loss model angivet ovenfor.

Alice og Bob kommunikerer trådløst med hinanden. Distancen mellem Alice og Bob er 2 km, og Alice kan transmittere med en signalstyrke på 0.5 Watt.

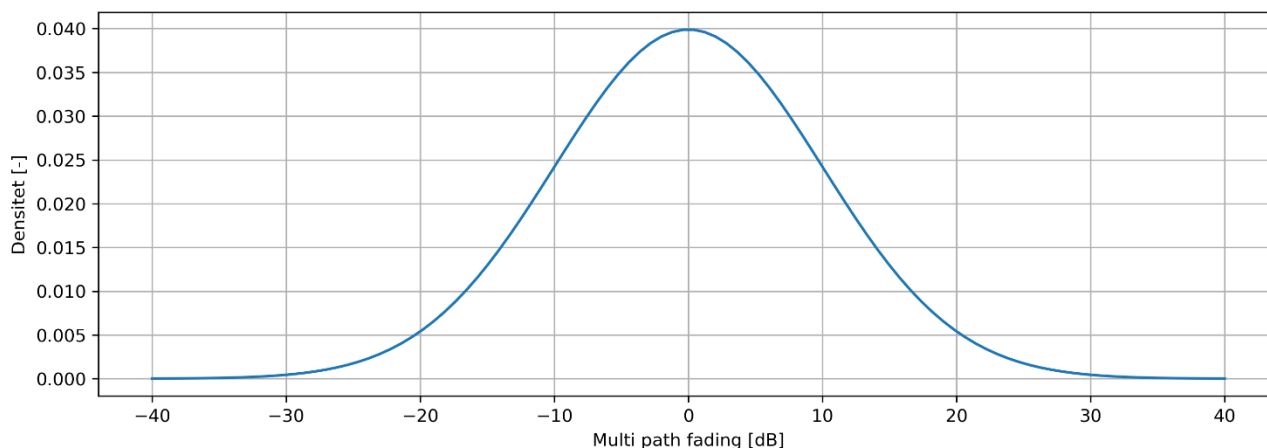
- a) Omregn den transmitterede signalstyrke på 0,5 Watt til dBm. Bemærk at forholdet mellem en signalstyrke angivet i hhv. Watt ( $P_W$ ) og dBm ( $P_{dBm}$ ) er som følger:

$$P_{dBm} = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{P_W \cdot 1000mW}{1mW} \right)$$

- b) Hvor stor er styrken på det signal, som Bob modtager, angivet i Watt?

### Baggrundsviden, del 2:

I Log-distance Path Loss modellen kan der tages højde for 'multi-path fading' ved at tilføje et enkelt nyt led i formlen. Multi-path fading betyder, at det modtagne signal består af mange signalkomponenter, der er nået frem til modtageren via forskellige veje, og derfor har forskellig signalstyrke. Dette modelleres ved at tilføje en tilfældig variabel,  $X$ , der følger en Normal distribution med middelværdi,  $\mu = 0$ , og standardafvigelse, hvor vi i dette opgavesæt antager  $\sigma = 10$ :



Denne tilføjelse betyder, at vores model af den modtagne signalstyrke som funktion af distancen mellem transmitter og modtager ser således ud:

$$P_{rx} = P_{tx} - PL_0 - 10 \cdot \gamma \cdot \log_{10} d - X$$

Hvor  $X \in N(\mu = 0, \sigma = 10)$ . De resterende elementer er de samme som tidligere beskrevet.

På figuren ovenfor ses det, at langt størstedelen af densiteten ligger over -30 dB, faktisk hele 99.9% af densiteten. Hvis man ønsker at have 99.9% sandsynlighed for at det modtagne signal er over en given grænseværdi, må man således sikre, at middelværdien er 30 dB over denne grænseværdi, eks.



ved at justere på styrken på det transmitterede signal, eller afstanden mellem transmitter og modtager.

### Opgave 2:

Bob er ikke i stand til at modtage signaler, der er mindre end  $-80$  dBm, og vi ønsker, at Bob skal kunne modtage signalet fra Alice med 99.9% sandsynlighed.

Med udgangspunkt i den modtagne signalstyrke, beregnet i opgave 1, beregn følgende:

- a) Hvor meget skal Alice skrue op for sin transmission styrke for, at Bob kan modtage signalet med 99.9% sandsynlighed?
- b) I det tilfælde at Alice ikke kan, eller må, skrue længere op for transmissionsstyrken end de  $0.5$ W, der allerede transmitteres med. Hvad er afstanden mellem Alice og Bob nødt til at reduceres til for at sikre, at Bob kan modtage signalet med 99.9% sandsynlighed?

### Opgave 3:

Bob er vældig begejstret for sin mobiltelefon, og ville nødigt undvære at streame musik og tv, surfe samt holde sig opdateret på de sociale medier vha. telefonen.

Der har været meget snak om 5G, der er et nyt og endnu kraftigere mobilnet. Bob har hørt, at en basestation sender meget kraftigere end hans telefon, og at 5G kræver endnu flere basestationer - så den fysiske afstand til dem bliver mindre, end den er i dag.

Bob er blevet bekymret for, om signalerne fra basestationerne er så kraftige, at de bliver skadelige for ham, når han bruger sin mobiltelefon.

Den simple Log-distance path loss model fra afsnittet 'Baggrundsviden, del 1' anvendes, og det antages, at Bob sidder  $100$  m væk fra en kraftig 5G-basestation, der sender med  $120$  W, svarende til næsten  $51$  dBm. Bobs telefon er en helt almindelig mobiltelefon, der ligesom alle andre mobiltelefoner maksimalt må sende med  $0.5$  W.

- a) Hvad er signalstyrken på signalet fra basestationen, når det når ned til Bob? Angiv resultatet både i dBm og i Watt.
- b) Hvad er signalstyrken fra Bobs mobiltelefon, hvis vi antager, den ligger på bordet ca.  $1$  m fra Bob? Angiv resultatet både i dBm og i Watt.
- c) Er det rationelt at være bange for signalet fra basestationen, hvis Bob samtidig ikke er bange for at bruge sin mobiltelefon?

### Referencer:

[1] [https://en.wikipedia.org/wiki/Log-distance\\_path\\_loss\\_model](https://en.wikipedia.org/wiki/Log-distance_path_loss_model)