

Project DSP - Locatiebepaling van een drone

David Plets, Emmeric Tanghe

2017-2018

Het doel van dit project is het bepalen van de positie van een drone met behulp van radio-frequente elektromagnetische golven. Een basisstation zendt een reeks frequentietonen uit. De drone pikt de frequentietonen op en bepaalt hun relatieve amplitude en fase t.o.v. de uitgezonden amplitude en fase.

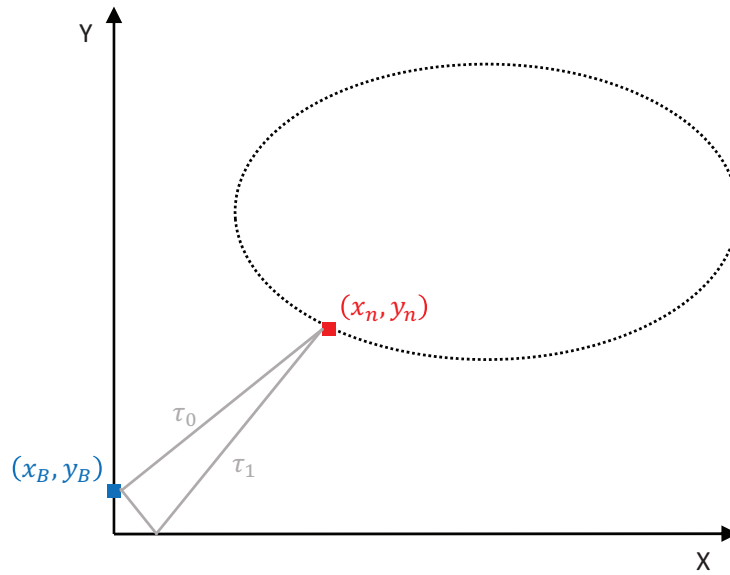
Beschouw de configuratie in Fig. 1. De coördinaten van het basisstation zijn $(x_B, y_B) = (0 \text{ m}, 1 \text{ m})$. De drone beschrijft een ellips met coördinaten (x_n, y_n) in m.

$$\begin{aligned}x_n &= 8 + 6 \cos(\theta_n) \\ y_n &= 8 + 4 \sin(\theta_n)\end{aligned}\tag{1}$$

In (1), $\theta_n = n\pi/6$ voor $n = 0, 1, \dots, 11$.

We veronderstellen dat het signaal uitgezonden door het basisstation de drone bereikt via twee propagatiepaden. Het zendsignaal bereikt de drone enerzijds via het direct propagatiepad dat loopt langs de verbindinglijn tussen basisstation en drone. De reistijd van het signaal langsheen dit pad noemen we τ_0 . Anderzijds reflecteert het zendsignaal ook op de grond en bereikt het via deze reflectie de drone. In de configuratie van Fig. 1 valt de grond samen met de X-as. De reistijd van het signaal langsheen het gereflecteerde pad noemen we τ_1 .

De reistijden τ_0 en τ_1 kunnen gedetecteerd worden als pieken in een zogenaamd *power delay profile* of PDP. Een PDP is een grafiek die het verloop van het door de drone ontvangen signaalvermogen geeft als functie van de reistijd (Engels: *delay*). De PDP wordt bekomen door een inverse Fourier transformatie uit te voeren op de opgemeten frequentiekaracteristiek en het vermogen van het resultaat te nemen. Eventueel kan vooraf een venster over de frequentiekaracteristiek gezet worden. In de praktijk wordt de frequentiekaracteristiek op dezelfde positie vaak meerdere keren opgemeten om het effect van meetfouten en ruis te reduceren. Van elke frequentiekaracteristiek wordt dan een PDP berekend. Al deze PDPs worden vervolgens uitgemiddeld tot een *averaged power delay profile* of APDP.



Figuur 1: basisstation-drone configuratie

Opdrachten

Het doel is het schatten van de baan van de drone op basis van het opgemeten draadloos kanaal. Dit gebeurt via een door jou te schrijven methode *main*, die gebruik zal maken van verschillende deelmethodes hieronder vermeld.

1. **Bepalen reistijden van paden** - De eerste dataset bevat de opgemeten frequentiekaracteristiek (in fasor-notatie) van 201 frequentietonen f_i uniform verdeeld tussen 1 en 3 GHz ($f_i = 1 \text{ GHz} + i \cdot 10 \text{ MHz}$ voor $i = 0, 1, \dots, 200$) voor elk van de 12 drone posities. Elke frequentiekaracteristiek werd 100 keer opgemeten om meetfouten en ruis te beperken. Schrijf een functie '*calculate_delays*' om uit de gemeten frequentiekaracteristiek de reistijden te schatten. Dit doe je als volgt:
 - Schrijf een functie '*channel2APDP*' die de APDP berekent uit de frequentiekaracteristiek van een bepaalde positie.
 - Schrijf een functie '*APDP2delays*' die uit een APDP de twee grootste lokale maxima vindt; deze komen overeen met de reistijden τ_0 en τ_1 van het rechtstreeks en het gereflecteerd propagatiepad.
2. **Locatiebepaling** - Hier gaan we uit bovenstaande reistijden een locatie berekenen.
 - Schrijf een functie '*calculate_location*' die x_n en y_n bepaalt als functie van de reistijden τ_0 en τ_1 . Dit kan via een stelsel, aan de hand van Fig. 1.
 - Pas deze functie toe met de numerieke waarden voor τ_0 en τ_1 bekomen in opdracht 1, en doe dit voor elk van de 12 droneposities.
 - Wat is de gemiddelde fout op de lokalisatie t.o.v. de exacte drone posities in (1)?

3. **Vergelijking met tweede dataset** - Hier gaan we bovenstaande analyse herhalen voor de tweede dataset.

- De tweede dataset bevat de opgemeten frequentiekaracteristiek (in fasor-notatie) van 1001 frequentietonen f_i uniform verdeeld tussen 1 en 11 GHz ($f_i = 1 \text{ GHz} + i \cdot 10 \text{ MHz}$ voor $i = 0, 1, \dots, 1000$) voor elk van de 12 drone posities. Elke frequentiekaracteristiek werd opnieuw 100 keer opgemeten.
- Gebruik de tweede dataset om op analoge wijze als in opdracht 1 en 2 de coördinaten (x_n, y_n) van de drone te berekenen. Wat is de gemiddelde fout op de lokalisatie?
- Wat merk je als je deze fout vergelijkt met die uit dataset 1? Verklaar.

Wat moet je inleveren?

- Een functie main, die minstens is opgebouwd is uit bovenstaande functies. Documenteer de code voldoende. Zorg dat je code de geschatte coördinaten als output uitprint: 12 posities voor dataset 1, 12 posities voor dataset 2.
- Een document met (a) een tabel met de echte locaties en de geschatte locaties voor elk van de 12 droneposities, alsook de gemiddelde fout; dit voor zowel dataset 1 als dataset 2 en (b) een vergelijking van de fouten in dataset 1 en dataset 2 en een verklaring van het eventuele verschil.