

Practicum 2 Betrouwbare communicatie

Peter van Dijk & Elizabeth Schermerhorn

8 mei 2014

Inhoudsopgave

1	Packet Error Rate-metingen	3
1.1	Inleiding	3
1.2	Probleemstelling	3
1.3	Methodologie	3
1.3.1	De hardware	3
1.3.2	De software	3
1.3.3	De instellingen/vastgestelde constanten	4
1.4	Resultaten en analyse	5
1.4.1	Metingen en resultaten	5
1.5	Conclusie	6
2	Betrouwbare end-to-end-communicatie	8
2.1	Inleiding	8
2.2	Probleemstelling	8
2.3	Methodologie	8
2.4	Resultaten en analyse	8
A	De radio en de RF24-library	9

1 Packet Error Rate-metingen

1.1 Inleiding

De Nordic RF24 is een radiozender en -ontvanger voor de 2.4GHz band. De RF24 heeft echter een aantal verschillende instellingen voor de kanalen, zendkracht en datasnelheid. Het doel van dit onderzoek is bepalen wat de optimale instellingen zijn om de Packet Error Rate (PER) zo laag mogelijk te krijgen.

1.2 Probleemstelling

De onderzoeksvraag die hier beantwoord zal worden is: *"Voor welke waarden voor de outputpower, transmissiesnelheid en frequentiekanaal is de PER het laagst."* Hierbij horen de volgende hypothesen:

1. Op het moment dat er meerdere mensen op hetzelfde frequentiekanaal zitten zal dit voor veel pakket verlies zorgen.
2. Bij een hogere zendkracht zal het pakketverlies kleiner zijn.
3. Bij een hogere transmissiesnelheid zal er meer pakketverlies optreden.

In het volgende onderzoek zullen deze hypothesen getoetst worden.

1.3 Methodologie

Om deze hypothesen te toetsen moeten er metingen gedaan worden. Hier zijn verschillende zaken van belang.

- De gebruikte hardware
- De gebruikte software
- De instellingen/vastgestelde constanten
- De onderzoeksopstelling

1.3.1 De hardware

De Hardware die gebruikt is bij de metingen is een Arduino UNO en een Nordic nRF24L01 draadloze transceiver.

1.3.2 De software

Om de hardware te gebruiken wordt gebruik gemaakt van de opensourcesoftwarebibliotheek voor de Arduino, die te vinden is op:

<http://maniacbug.github.io/RF24/>

Met deze software kan de radio aangestuurd worden en kunnen pakketjes worden verzonden en ontvangen. De radio luistert en verstuurt pakketten over een bepaald kanaal. Het is van belang dat de radio's hetzelfde kanaal gebruiken, zodat ze met elkaar kunnen communiceren. De kanalen hebben een nummer van 0 tot en met 125.

Om de metingen uit te voeren en onze hypotheses te testen is er gebruik gemaakt van één zender en één ontvanger. De zender gebruikt `sender.ino` en de ontvanger gebruikt `receiver.ino`. Deze programma's zijn te vinden in de appendix. De zender zendt pakketjes met daarin het pakketnummer. De ontvanger begint met luisteren en onthoudt het nummer van het eerste pakketje dat hij heeft ontvangen. Vervolgens zal de ontvanger blijven luisteren totdat deze 1000 pakketten heeft ontvangen. Uit de inhoud van het laatste pakket kan worden opgemaakt hoeveel pakketten er verloren zijn gegaan voor de duizend die er ontvangen zijn. De PER wordt berekend met de formule:

$$1 - (1000 / ([\text{laatste pakketnummer}] - [\text{eerste pakketnummer}]))$$

In de software van de Sender en Receiver is gebruik gemaakt van de volgende drie methoden om de verschillende waarden aan te kunnen passen.

- `setChannel(uint8 i)`
met $0 \leq i \leq 125$
- `setPALevel(PALevel level)`
met $\text{level} \in \{ \text{RF24_PA_MAX}, \text{RF24_PA_MIN}, \text{RF24_PA_LOW} \}$
- `setDataRate(Rate rate)`
met $\text{rate} \in \{ \text{RF24_1MBPS}, \text{RF24_2MBPS} \}$

De methoden kunnen als argument de waarde meekrijgen die rechts naast de methode staat. Een ander argument dan wat hier staat wordt door de methode niet geaccepteerd. Door met deze drie methoden de waarden aan te passen verkrijgen we de gewilde meetresultaten. Deze zullen in 1.4 besproken worden.

1.3.3 De instellingen/vastgestelde constanten

Om deze metingen bruikbaar te houden moeten er een paar constanten gedefinieerd worden.

- De grootte van de payload
- Het aantal te versturen berichten

Het aantal keer dat er een pakket opnieuw verstuurd wordt is niet van belang in deze implementatie omdat het zo geïmplementeerd is dat het aantal ontvangen berichten wordt bijgehouden en het aantal verzonden berichten wordt bijgehouden. Voor de grootte van de payload is er gekozen voor de grootste mogelijke waarde die deze kan aannemen, namelijk 255 bytes. Deze waarde is

gekozen omdat de onderzoeksvraag is wanneer is de radio communicatie het meest betrouwbaar en dit moet getest worden voor reële waarden. Het aantal te versturen berichten is op 1000 gezet. Hier is voor gekozen vanwege het idee omdat meer waarden betekent nauwkeurigere resultaten.

De meetopstelling bestaat uit twee radio's welke 270cm uit elkaar geplaatst zijn. Om de resultaten consistent te houden moet bij elke meting deze afstand aangehouden worden. Er worden geen bericht opnieuw verzonden als er geen acknowledgement volgt. Want dit betekent pakket verlies en dit moet gemeten worden.

1.4 Resultaten en analyse

Hier zullen de resultaten weergegeven en geanalyseerd worden. De constanten zoals ze standaard gebruikt zullen worden. Als ze gewijzigd worden voor de test dan wordt dit aangegeven.

- afstand tussen radio's: 270 cm
- Geen hertransmissie van pakketten
- payload: 255 bytes

1.4.1 Metingen en resultaten

Tijdens de metingen waren er geen andere radio's aan het sturen wat voor interferentie kan zorgen.

Waarden	PER	gemiddelde PER
outputpower: MAX	1/1000	1/1000
Transmissiesnelheid: 2MBps	1/1000	
Delay: 25 ms	0/1000	

Waarden	PER	gemiddelde PER
outputpower: MAX	0/1000	0/1000
Transmissiesnelheid: 1MBps	0/1000	
Delay: 50 ms	0/1000	

Waarden	PER	gemiddelde PER
outputpower: MAX	0/1000	0/1000
Transmissiesnelheid: 2MBps	0/1000	
Delay: 50 ms	0/1000	

Waarden	PER	gemiddelde PER
outputpower: MIN	85/1000	425/1000
Transmissiesnelheid: 2MBps	669/1000	
Delay: 50 ms	519/1000	

Waarden	PER	gemiddelde PER
outputpower: LOW	0/1000	3/1000
Transmissiesnelheid: 2MBps	2/1000	
Delay: 50 ms	6/1000	

Waarden	PER	gemiddelde PER
outputpower: MAX	0/1000	0/1000
Transmissiesnelheid: 2MBps	0/1000	
Delay: 50 ms	0/1000	
channel: 0		

Waarden	PER	gemiddelde PER
outputpower: MAX	0/1000	1/1000
Transmissiesnelheid: 2MBps	1/1000	
Delay: 50 ms	0/1000	
channel: 64		

Om het resultaat nauwkeuriger en accurater te kunnen weergeven is ervoor gekozen om alle tests in drievoud uit te voeren zodat vreemde gebeurtenissen opgemerkt worden. Een voorbeeld is een 100% error rate. De gemiddelde PER is berekend door het gemiddelde te berekenen van de drie waargenomen waarden en naar boven af te ronden. Aangezien een halve PER niet kan bestaan.

1.5 Conclusie

Als er naar de gevonden waarden gekeken wordt, is de PER onacceptabel wanneer de outputpower op MIN is gezet. Een gemiddelde PER van 425/1000 pakketten zorgt op den duur voor veel hertransmissies dus veel vertraging op het netwerk. Dit is een situatie die niet gewenst is. Wanneer naar de overige instellingen gekeken wordt en de daarbij behorende gemiddelde PER dan zijn ze perfect of een PER $\leq 1\%$. Hier moet bij vermeld worden dat op het moment dat er meer zenders aan het zenden zijn en een ontvanger wil dit ontvangen dat de PER omhoog schiet door de interferentie op het netwerk. Dit experiment heeft plaats gevonden in een interferentie vrije ruimte. De Onderzoeksvraag welke gesteld was: *"Voor welke waarden voor de outputpower, transmissiesnelheid en frequentiekanaal is de PER het laagst."* Het antwoord wat hierbij hoort is dat voor elke waarde van de transmissiesnelheid en het frequentiekanaal de PER niet boven de 1% uitkomt. In tegenstelling tot deze bevindingen geldt dit niet

voor de outputpower. Op het moment dat de outputpower op minimaal gezet wordt bedraagt de gemiddelde PER 425/1000 pakketten. Hieruit wordt geconcludeerd dat de outputpower minimaal op laag of maximaal gezet moet worden om PER tot een minimum te beperken.

2 Betrouwbare end-to-end-communicatie

2.1 Inleiding

2.2 Probleemstelling

2.3 Methodologie

2.4 Resultaten en analyse

A De radio en de RF24-library

In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van de rf24 radio. Deze radio heeft de volgende eigenschappen:

- **Frequentieband:** 2.4000-2.4835 GHz
- **Datasnelheid:** 1 of 2 Mb/s
- **Aantal kanalen:** 126 RF-kanalen
- **Modulatietechniek:** Gaussian Frequency Shift Key(GFSK)

Energiemodus	Energieverbruik in Ampère
Standby-I	22 μ A
Standby-II	320 μ A
Power down	900 nA
Zendmodus	Energieverbruik in Ampère
0 dBm	11.3 mA
-6 dBm	9 mA
-12 dBm	7.5 mA
-8 dBm	7 mA
Ontvangstmodus	Energieverbruik in Ampère
2 Mbps	12.3 mA
1Mbps	11.8 mA