

Onderzoeksvoorstel

Project 2.1 / 2.2 – TAPP

Opdrachtgever

Koos Esser

ke@tapp.online

Opdrachtnemer

Bram Veninga

Lucas Wanink

Mart Velema

Jesse van der Voet

bram.veninga@student.nhlstenden.com

Lucas.wanink@student.nhlstenden.com

mart.velema@student.nhlstenden.com

Jesse.van.der.voet@student.nhlstenden.com

Versiebeheer

Datum	Versie	Wijzigingen
21-11-24	0.1	Eerste iteratie
20-12-24	0.2	Geresiveerde versie n.a.l.v. vakdocent feedback
22-12-24	1.0	Finale versie klaar voor uitvoering

Inhoudsopgave

1. INLEIDING	4
2. ONDERZOEK ONTWERP	5
2.1 ONTWERP.....	5
2.2 POPULATIE.....	5
2.3 STEEKPROEF.....	6
2.4 MEETINSTRUMENT	7
2.5 ANALYSEVOORSTEL	7
2.6 VALIDITEIT EN BETROUWBAARHEID.....	8
3. TAAKVERDELING.....	9
4. TIJDPAD	10
4.1 PROBLEEMANALYSE.....	10
4.2 ONDERZOEKSPLAN	10
4.3 UITVOERING	10
4.4 ANALYSE.....	10
4.5 CONCLUSIE.....	10
4.6 RAPPORTEREN	10
5. ONDERTEKENING.....	11
6. BIJLAGE	12
6.1 EXPERIMENT STAPPENPLAN.....	12

1. Inleiding

Voordat het eten dat in de schappen van de supermarkt terecht komt, is het eten vaak door meerdere instanties verpakt en vervoerd. Een krat gevuld met bananen bij de supermarkt, komt immers vanuit het buitenland. Het is hiervoor vereist dat de etenswaren op de juiste temperaturen worden verstuurd. Immers, voedselwaren die niet gekoeld bewaard worden, bederven sneller dan gekoelde etenswaren. Dit maakt dus dat de vrachtwagens en containers gedurende reis op de juiste temperatuur wordt gekoeld. Voor de validiteit voor zowel de koper, verkoper en transporteur, is het van belang dat de temperatuur van de vracht wordt bijgehouden. Hiervoor heeft het bedrijf Tapp een recyclebare datalogger gemaakt. Deze datalogger ter grootte van een A5 papiertje, houdt de temperatuur van de vracht gedurende de reis bij en kan worden uitgelezen via NFC, hetzelfde wat in een pinpas zit. Het bedrijf Tapp heeft ons gevraagd om hun dataloggers te verbeteren, door middel van het zoeken van een nieuwe chip die de mogelijkheid heeft om via bluetooth kan worden uitgelezen.

Het doel van dit onderzoek is om te beoordelen of de nRF52840 geschikt is voor energiezuinige temperatuurregistratie in vrachtcontainers met temperatuurbereiken van -30°C tot 80°C , terwijl het gelogde dataverkeer betrouwbaar via Bluetooth wordt verzonden. Op basis van deze bevindingen zal een advies worden uitgebracht aan de opdrachtgever over de haalbaarheid van deze technologie in hun dataloggerproductlijn.

Dit is een tussenstap voor de uiteindelijke realisatie van de nieuwe dataloggers van Tapp. Deze dataloggers, bevatten de mogelijkheid om zowel uitgelezen te worden via NFC en via Bluetooth en doen dit op een energiezuinige manier.

In dit document, zullen de resultaten en de opstelling van het onderzoek worden uitgewerkt in detail. In hoofdstuk 2, zal het onderzoek worden besproken. Hierin wordt ook gekeken naar het ontwerp, de populatie, steekproef, meetinstrumenten, analysevoorstel en de validiteit en betrouwbaarheid.

2. Onderzoek ontwerp

2.1 Ontwerp

Voor het verzamelen van de data, wordt er gedurende een periode van ~1 week meerdere malen per seconde het stroomverbruik van de nRF52840 microcontroller gelogd. Op deze manier, worden de pieken en dalen door het ontwakken en het in slaapmodus zetten van de nRF microcontroller gelogd over de tijd.

Dit onderzoek maakt gebruik van een **kwantitatief quasi-experimenteel ontwerp**¹. De dataverzameling gebeurt door gedurende een periode van een week het stroomverbruik van de nRF52840 te loggen terwijl deze functioneert onder gesimuleerde omstandigheden die vergelijkbaar zijn met een gekoelde vrachtcontainer. Dit stelt ons in staat om patronen in het stroomverbruik vast te stellen en de invloed van verschillende omgevingsfactoren te analyseren.

2.2 Populatie

De populatie van dit onderzoek bestaat uit energiezuinige microcontrollers die geschikt zijn voor draadloze temperatuurregistratie in industriële toepassingen. Aangezien het onderzoek specifiek gericht is op een nichetoepassing (gekoelde vrachtcontainers), is de populatie beperkt tot componenten en omgevingen die relevant zijn voor deze context.

De populatie wordt gedefinieerd als:

1. **Microcontrollers:** Energiezuinige microcontrollers die data kunnen loggen en draadloos kunnen verzenden via Bluetooth of vergelijkbare technologieën.
2. **Omgevingen:** Systemen of apparaten die opereren in extreme temperatuuromstandigheden, variërend van -30°C tot 80°C, zoals gekoelde vrachtcontainers en vergelijkbare transport- en opslagomgevingen.
3. **Toepassing specifieke apparaten:** Componenten die deel uitmaken van dataloggers in de voedsel- en logistieke sector, specifiek gericht op temperatuurmonitoring.

De resultaten van dit onderzoek zijn mogelijk generaliseerbaar voor andere microcontrollers en toepassingen die vergelijkbare technische en omgevingsvereisten hebben. Echter, de focus blijft primair op de nRF52840 vanwege de specifieke onderzoeksvraag en de interesse van de opdrachtgever.

Om ervoor te zorgen dat het onderzoek praktisch uitvoerbaar blijft, is de populatie beperkt tot een representatieve steekproef van de nRF52840 microcontrollers, getest in een gecontroleerde omgeving. Apparaten en systemen die afwijken van de beschreven toepassingen en omgevingen vallen buiten de scope van dit onderzoek.

¹ Verhoeven, N. (z.d.). *Wat is onderzoek* (6de editie). Boom.

2.3 Steekproef

Voor dit onderzoek wordt een **doelgerichte steekproef**² toegepast, waarbij uitsluitend de nRF52840 wordt getest. Dit model is gekozen vanwege de energiezuinige eigenschappen en de ondersteuning voor Bluetooth Low Energy (BLE), wat aansluit bij de eisen van de opdrachtgever.

In dit onderzoek wordt een steekproef genomen om de geschiktheid van de nRF52840 microcontroller te evalueren in het meten en verzenden van temperatuur gegevens via Bluetooth. De steekproef omvat meerdere testsessies waarin de prestaties van de microcontroller worden gemeten in een gesimuleerde omgeving die vergelijkbaar is met de omstandigheden in een gekoelde vrachtcontainer.

De keuze om slechts één microcontroller te testen is gebaseerd op de specificatie-eisen van de opdrachtgever en eerdere vergelijkende analyses van alternatieve chips.

2.3.1 Inclusiecriteria

De volgende inclusiecriteria worden gehanteerd voor de steekproef:

- **Microcontroller type:** Alleen nRF52840 microcontrollers worden meegenomen in de steekproef. Dit model is gekozen vanwege de voorgestelde specificaties en geschiktheid voor energiezuinige Bluetooth-communicatie.
- **Omgevingssimulatie:** Testomstandigheden moeten de temperaturen van -30°C tot 80°C simuleren om overeen te komen met de werkelijke omstandigheden van gekoelde vrachtcontainers.
- **Meetnauwkeurigheid:** Alleen meetopstellingen die de stroom nauwkeurig kunnen meten met een resolutie van ten minste 0,01 mA worden gebruikt.

2.3.1 Exclusiecriteria

De volgende exclusiecriteria worden gehanteerd om de validiteit van de resultaten te waarborgen:

- **Defecte componenten:** Microcontrollers die niet naar behoren functioneren (bijvoorbeeld vanwege defecten of productiefouten) worden uitgesloten van de steekproef.
- **Ongeschikte meetopstellingen:** Testen waarbij de meetapparatuur niet voldoet aan de gestelde nauwkeurigheidsvereisten, zoals een incorrecte kalibratie van de Arduino of shuntweerstand, worden uitgesloten.
- **Onstabiele omgevingsomstandigheden:** Tests die plaatsvinden in niet-gesimuleerde, oncontroleerbare omgevingen, zoals fluctuaties in de vrieskisttemperatuur, worden niet meegenomen.
- **Afwijkend voltagebereik:** Microcontrollers die tijdens de test niet voldoen aan het vereiste voltagebereik voor normale werking, worden uitgesloten.

Door deze inclusie- en exclusiecriteria te hanteren, wordt de betrouwbaarheid en validiteit van de resultaten gewaarborgd, wat essentieel is voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag.

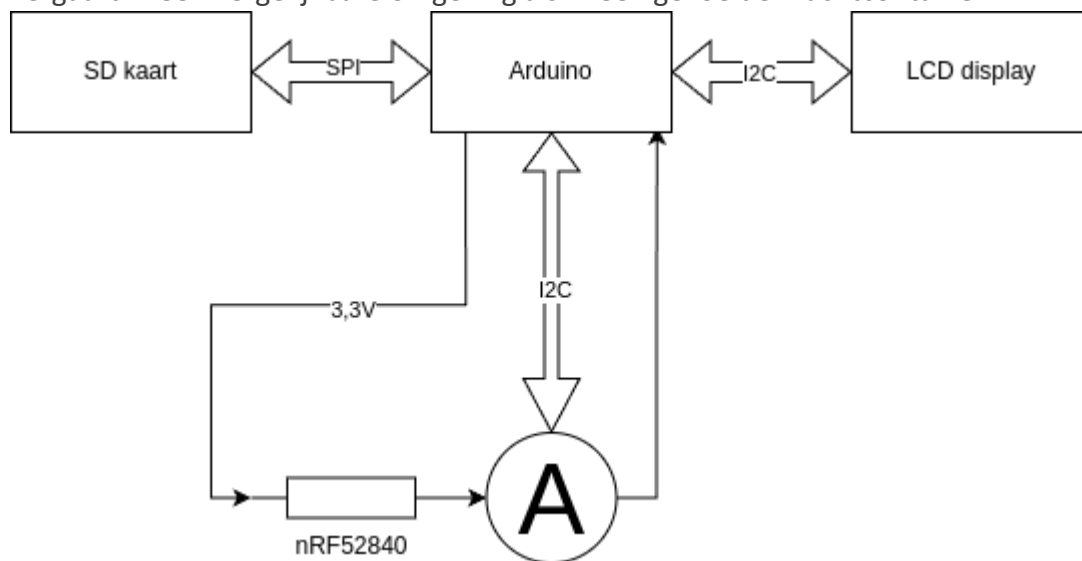
² Van Turnhout, K., Andriessen, D., & Cremers, P. (z.d.). *Handboek ontwerpgericht wetenschappelijk onderzoek: Ontwerpend onderzoeken in sociale contexten* (2de editie). Boom.

2.4 Meetinstrument

Dit experiment onderzoekt het stroomverbruik van de nRF52840 door middel van real-time stroommetingen met een shuntweerstand.

Om de data te verzamelen van de nRF52840 microcontroller, wordt er gebruikt gemaakt van een shunt weerstand. Deze weerstand van $\pm 100\Omega$ staat in serie met de voeding en de nRF microcontroller. Vervolgens kan een Arduino microcontroller door middel van een analoge pin het voltage meten over de shunt weerstand. De Arduino kan deze gegevens omrekenen en doorsturen over een seriële verbinding naar een aangesloten laptop, die deze gegevens opslaat.

De nRF microcontroller wordt in een vrieskist neergelegd, om zo te simuleren hoe de chip vergaart in een vergelijkbare omgeving als in een gekoelde vrachtcontainer.



Figuur 1: Schematische weergave van de opstelling

De verzamelde gegevens worden geanalyseerd en verwerkt in ons adviesrapport door middel van tijd-gemiddelde stroomverbruiksgrafieken, die inzicht geven in de energieprestaties van de microcontroller tijdens verschillende werkmodi.

Voor een pinout diagram van het bovengestelde diagram verwijzen wij naar bijlage 6.2: pinout diagram

2.5 Analysevoorstel

Voor het berekenen van het totale vermogen van de nRF52840 microcontroller over de tijd, moeten de gemeten waarden van de shunt weerstand worden omgerekend naar de eigenschappen van de nRF microcontroller. Omdat de nRF microcontroller in series staat met de shunt weerstand, maakt dat de ampère van de weerstand en nRF microcontroller gelijk aan elkaar zijn. De stroom door de weerstand, wordt automatisch door de Arduino berekend door het voltage over de weerstand te delen over de weerstand van de weerstand. Het voltage over de nRF microcontroller kan worden berekend door het voltage over de weerstand af te halen van het voltage over de batterij.

2.6 Validiteit en betrouwbaarheid

Om de validiteit van dit onderzoek te waarborgen, hanteren wij de volgende maatregelen:

- **Interne validiteit³:** Door het uitvoeren van de metingen in een gecontroleerde omgeving (bijv. een vrieskist met stabiele temperaturen), minimaliseren wij externe invloeden op de meetwaarden.
- **Externe validiteit:** De testomgeving is zo opgezet dat deze de werkelijke omstandigheden van een gekoelde vrachtcontainer nabootst, zodat de resultaten generaliseerbaar zijn voor de beoogde toepassing.

De betrouwbaarheid wordt gewaarborgd door:

- **Herhaalbaarheid:** De meetopstelling en testprocedure worden nauwkeurig gedocumenteerd, zodat de tests reproduceerbaar zijn.
- **Kalibratie:** De meetapparatuur, waaronder de shuntweerstand en Arduino, wordt vooraf gekalibreerd om meetfouten te minimaliseren.
- **Meerdere metingen:** Elke test wordt minimaal drie keer herhaald om inconsistenties te identificeren en te corrigeren.

Stappenplan voor het experiment:

1. **Vorbereiding:**
 - De testopstelling wordt klaargezet, bestaande uit de nRF52840, een shuntweerstand en een Arduino voor datalogging.
 - De vrieskist wordt ingesteld op een constante temperatuur (bijv. -10°C voor de eerste testreeks).
2. **Dataverzameling:**
 - De nRF52840 voert vooraf gedefinieerde taken uit, zoals het periodiek uitlezen en opslaan van temperatuurdata.
 - Het stroomverbruik wordt elke seconde gemeten en opgeslagen.
3. **Analyse:**
 - De data wordt geëxporteerd en geanalyseerd met behulp van grafieken en statistische methoden.
 - De resultaten worden vergeleken met vooraf vastgestelde drempelwaarden voor energiezuinigheid.

³ Scriptium. (n.d.). Betrouwbaarheid en validiteit. Scriptium., van <https://www.scriptium.nl/betrouwbaarheid-en-validiteit/>

3. Taakverdeling

De leiding van dit onderzoek ligt bij de projectgroep. De projectgroep voert het onderzoek uit en breid alles daaromheen voor. De belangrijkste taak van de opdrachtgever bij dit onderzoek, is het duidelijk maken van alle eisen waar aan het uiteindelijke prototype moet gaan voldoen.

De communicatie tussen de projectgroep en de opdrachtgever gebeurt wekelijks. Hierbij wordt er op wekelijkse basis gebruikt gemaakt van de online meeting tool, Google meet.

4. Tijdpad

Het is van belang een tijdpad te hebben omdat het structuur en richting biedt aan het Onderzoeksproces. Het helpt om de voortgang van het project te beheren, deadlines te halen en taken effectief te verdelen.

4.1 Probleemanalyse

Week 1:

Brainstormen onderzoeksvragen

4.2 Onderzoeksplan

Week 2:

Onderzoeksvraag opstellen

Onderzoeksvoorstel maken

Week 3:

Feedback onderzoeksvoorstel verbeteren

4.3 Uitvoering

Week 4&5&6:

Onderzoek uitvoeren

4.4 Analyse

Week 7:

Resultaten analyseren

4.5 Conclusie

Week 7:

Conclusie trekken

4.6 Rapporteren

Week 8:

Onderzoeksrapport maken en delen met de opdrachtgever

5. Ondertekening

Handtekening opdrachtgever:

Handtekening opdrachtnemer:

6. Bijlage

6.1 experiment stappenplan

1. Bouw de opstelling. Om de opstelling te bouwen, moeten de componenten op de juiste manier worden aangesloten. Om dit te doen, moet er rekening worden gehouden met de I2C, SPI en voedings pinnen.
 - LCD en INA219: De SCD-pin aansluiten op de I2C Data pin, en de SLC-pin op de I2C Clock pin. Ze moeten parallel aangesloten zijn.
 - SCD device -> D18 arduino/ I2C Data
 - SLC device -> D19 arduino/ I2C Clock
 - SD kaart adapter moet de pinnen als volgt aangesloten hebben:
 - Chip Select SD -> D10 arduino
 - MOSI SD -> D11 arduino
 - MISO SD -> D12 arduino
 - Serial Clock SD -> D13 arduino
 - D2/ Reset wordt gebruikt om de opstelling uit te zetten. Deze wordt via een drukknop en weerstand in serie aangesloten vanaf de reset pin naar de GND.
 - 5V/ Voeding opstelling wordt verbonden aan alle VIN pinnen van alle componenten, behalve de nRF52840.
 - 3,3V/ Voeding nRF wordt aangesloten op de B+ pin van de nRF52840.
 - GND. Alle GND-aansluitingen van alle componenten moeten worden aangesloten op de GND van de Arduino. De volgorde is niet zeer belangrijk, maar het wordt aangeraden om zo veel mogelijk parallel aan te sluiten.
2. Sluit een SD kaart aan op de adapter. De SD kaart moet in FAT32 zijn geformatteerd, anders kan de Arduino niet schrijven naar de SD kaart. Houd er rekening mee dat formatteren alle bestaande data van de SD kaart vernietigt.
3. Installeer de Arduino IDE. Deze kan worden gedownload vanaf de Arduino website: <https://www.arduino.cc/en/software>
4. Installeer de benodigde libraries voor de Arduino IDE:
 - a. LiquidCrystal_PCF857 by Matthias Hertel
 - b. SD by Arduino, SparkFun
 - c. Adafruit_INA219 by Adafruit
5. Sluit de USB van de Arduino aan op de laptop, en upload de Arduino code naar de Arduino. Deze code voor de Arduino staat op de repository als **power_monitor**: <https://github.com/BramVeninga/TappDataLogging>
6. Installeer de nRF board manager van Adafruit. Dit kan worden gedaan door bij File > Preferences > Additional board manager URLs de volgende URL toe te voegen: https://adafruit.github.io/arduino-board-index/package_adafruit_index.json
7. Indien niet inbegrepen, installeer de Adafruit BluefruitLE nRF51 library.
8. Stel onder Tools > Board > Adafruit nRF52 het bord in als de **Adafruit Feather nRF52840 Express**. Dit bord is compatible met de meeste Nice!Nano nRF prototype borden, waaronder ook de ProMicro
9. Koppel de nRF52840 tijdelijk los van de opstelling om aan te sluiten aan de laptop.
10. Upload een testcase naar keuze op de nRF chip, en sluit de nRF opnieuw aan op de opstelling. De testcases kunnen worden gedownload vanaf: <https://github.com/BramVeninga/TappDataLogging>

11. Sluit de Arduino aan op een sterke voeding via het barreljack van de Arduino Uno.
Stroomvoeding via USB heeft het effect dat de Arduino te weinig stroom heeft, wat de testresultaten kan beïnvloeden.
12. Laat de Arduino voor de gewenste tijd liggen om data te loggen.
13. Wanneer te gewenste tijd is vertreken, houd de externe reset knop op pin D2 voor 5 secondes ingedrukt. De display zal een teller laten zien voor hoe lang de knop moet worden ingedrukt. Wanneer de reset voltooid is, zal de display knipperen. Vanaf dit moment is het veilig om de SD kaart uit de adapter te halen zonder de data te corrupten.
14. De SD kaart bevat 1 of meer CSV-bestanden die de gelogde data bevatten. Deze kunnen worden verwerkt met een verwerkmethode naar keuze.
 - Het wordt afgeraden om dit via Microsoft Excel of soortgelijke programma's te doen, omdat de lengte van de CSV-bestanden groter kan wezen dan dat deze programma's aan kunnen
 - Het wordt aangeraden om Python te gebruiken met Jupyter notebook + Matplotlib, omdat deze methode geen harde limiet heeft aan bestandsgrote.

6.2 pinoutdiagram

