

Extended Abstract

CASUS LORA – SMART LUGGAGE TRACKER

Finn Alberts

6 april 2021

In opdracht van het Lectoraat Data Intelligence

Begeleider: dhr. Pascal Slaats

ZUYD HOGESCHOOL | HBO-ICT | KLAS B2D

**ZU
YD**

1 Abstract

Aanleiding voor dit project is de wens van het Lectoraat Data Intelligence van Zuyd Hogeschool om een laagdrempelige, onafhankelijke en open LoRa-infrastructuur in de regio Zuid-Limburg aan te bieden. Voor het promoten van LoRa is het Lectoraat op zoek naar innovatieve use-cases van LoRa.

Het doel van dit project is op basis van een field test en een SWOT-analyse te onderzoeken of LoRa geschikt is voor een gps-tracker voor het traceren van gestolen bagage. Hiervoor is verder gewerkt op het eerder uitgevoerde “Smart Luggage Tracker”-project uit 2020 (Wolters, Beckers, Burger, & van der Heijden, 2020).

Voor het uitvoeren van dit onderzoek is gebruik gemaakt van het Design Science Research framework van Hevner (Hevner, 2007). Met behulp van dit framework zijn de benodigde stappen, waaronder het ophalen van requirements, een field test en grounding uitgevoerd.

Uit het onderzoek is gebleken dat LoRa niet geschikt is voor het traceren van gestolen bagage. Dit komt voornamelijk door de slechte dekking die het LoRa-netwerk biedt. Op de meerderheid van de geteste locaties kon geen verbinding worden gemaakt met het LoRa-netwerk en kon de locatie dus niet worden ontvangen.

2 Introductie

2.1 Aanleiding

Het Lectoraat Data Intelligence van Zuyd Hogeschool wil binnen de regio Zuid-Limburg een laagdrempelig, onafhankelijk en open LoRa-infrastructuur aanbieden. Binnen deze infrastructuur moeten bedrijven, instellingen en particulieren de mogelijkheid krijgen om IoT-applicaties te testen.

Om LoRa te promoten bij bedrijven is het Lectoraat op zoek naar innovatieve en aansprekende use-cases van LoRa. Door bedrijven te laten zien wat mogelijk is met LoRa, hoopt het Lectoraat de bedrijven te motiveren om zelf ook met LoRa aan de slag te gaan.

Één mogelijke use-case van LoRa is het traceren van gestolen bagage. Wanneer bagage gestolen wordt, is dat erg vervelend. Vooral omdat het tijdens het reizen vaak lastiger is om spullen snel te vervangen. Door bagage uit te rusten met een tracker zou bagage vaker terug kunnen worden gevonden en kan dit probleem worden bestreden.

Doordat LoRa over lange afstanden data kan versturen, zou bagage over lange afstanden te traceren moeten zijn. Ook de lange batterijduur van LoRa is veelbelovend.

De opdrachtgever van dit project is Kevin Rouwette, teamleider van de ICT-academie van Zuyd Hogeschool. De enige andere stakeholder binnen het project is het Lectoraat Data Intelligence van Zuyd Hogeschool.

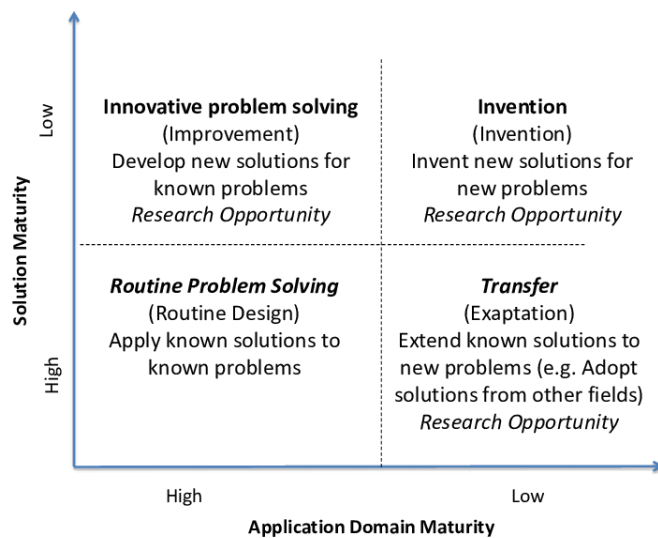
2.2 Doelstelling

De doelstelling van dit project is om te kijken hoe geschikt een op LoRa gebaseerde tracker is om bagage terug te kunnen vinden indien deze kwijt of gestolen is. Met behulp van deze tracker kan een gps-signaal verzonden worden via een LoRa-netwerk om zo de locatie van de bagage te kunnen zien. Zo kan gestolen bagage snel worden teruggevonden. Tevens wordt er ook gekeken naar eventuele kansen en risico's omtrent het gebruiken van het LoRa-netwerk voor een gps-tracker.

3 Theoretisch kader

In 2020 is door een projectgroep van Zuyd Hogeschool al onderzoek gedaan naar een mogelijke LoRa-gebaseerde gps-tracker (Wolters, Beckers, Burger, & van der Heijden, 2020). Hierbij kwamen mooie resultaten naar voren, waaronder een proof of concept wat zijn locatie kon ophalen óf verbinding kon maken met The Things Network¹. Dit kon echter nog niet tegelijk, door een foute keuze in de hardware. De projectgroep heeft destijds een aanbeveling gedaan om de hardware te upgraden om hiermee een werkend proof of concept te creëren.

Ook is uit kort vooronderzoek gebleken dat er al LoRa-gebaseerde trackers voor bagage bestaan. Zo ook één tracker van KPN (KPN, sd). Dit toont aan dat er potentie is voor het product. De trackers die op de markt zijn, zijn voornamelijk ontwikkeld om bagage terug te vinden als deze kwijt raakt en dus niet voor als deze gestolen wordt. Omdat dit toch wel twee verschillende use-cases creëert, die beiden hun eigen eisen hebben, kan worden gesproken van een “exaptation” als er wordt gekeken naar de DSR-matrix (zie Figuur 1).



Figuur 1 DSR-matrix (Bider, Johannesson, & Perjons, 2013)

Daarnaast belooft LoRa goede mogelijkheden, zoals een groot bereik van tot wel 15 km en een lange batterijduur (Eurofiber, sd). Dit zijn eigenschappen die goed inzetbaar zijn voor het terugvinden van gestolen bagage. Concreet onderzoek voor de inzet van LoRa bij deze use-case bestaat nog niet. Dit is dan ook de reden voor dit onderzoek: hoe geschikt is LoRa daadwerkelijk voor deze use-case?

¹ The Things Network is een open LoRa-netwerk (The Things Network, sd)
Extended Abstract
LoRa – Smart Luggage Tracker

4 Methode

4.1 Hoofd- en deelvragen

Om de doelstelling te kunnen realiseren wordt het probleem opgedeeld in een hoofdvraag met een aantal deelvragen. Als aan al deze deelvragen invulling wordt gegeven kan de hoofdvraag worden beantwoord en wordt de doelstelling bereikt. De hoofdvraag luidt:

“Hoe geschikt is LoRa voor een gps-tracker voor het traceren van gestolen bagage op basis van een SWOT-analyse² van een field test?”

Voor het beantwoorden van deze hoofdvraag zullen de volgende deelvragen worden beantwoord:

Welke eisen kunnen gesteld worden aan het traceren van gestolen bagage?

Om een beeld te krijgen wat een ‘goede’ tracker voor gestolen bagage nu eigenlijk is, moeten eisen worden opgesteld. Zo kan worden getoetst of een tracker een ‘goede’ of ‘slechte’ tracker is.

Wat zijn de sterke en zwakke punten van een prototype van een op LoRa gebaseerde gps-tracker op basis van een field test?

Er zal een field test worden uitgevoerd om in de praktijk te zien hoe een proof of concept werkt onder verschillende omstandigheden. Hieruit zullen een aantal sterke en een aantal zwakke punten naar voren komen. Voor het ontwikkelen van dit proof of concept zal worden gewerkt met de handleiding van het reeds uitgevoerd “Smart Luggage Tracker”-project uit 2020 (Wolters, Beckers, Burger, & van der Heijden, 2020).

Wat zijn de kansen en risico's van LoRa voor het traceren van bagage?

LoRa biedt kansen, maar ook risico's. Om een goede SWOT-analyse uit te voeren is het van belang om deze kansen en risico's in kaart te brengen. Dit zal worden gedaan door middel van een literatuuronderzoek.

Hoe kunnen de kansen van LoRa zoveel mogelijk worden benut voor het traceren van gestolen bagage?

Om een product te kunnen verbeteren, moeten de kansen zoveel en zo goed mogelijk worden benut. Het is daarom belangrijk om te kijken hoe dit kan worden gedaan.

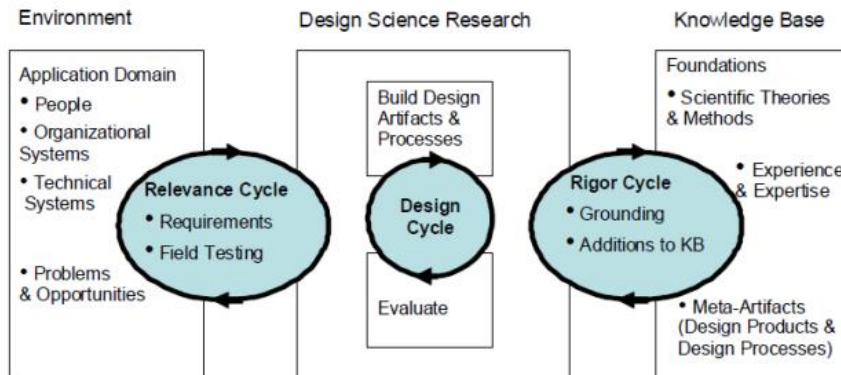
Hoe kunnen de risico's van LoRa zoveel mogelijk worden geminimaliseerd voor het traceren van gestolen bagage?

LoRa heeft natuurlijk ook een aantal risico's bij het gebruik ervan. Het is belangrijk om deze risico's te minimaliseren, om zo een mogelijk eindproduct zo goed mogelijk te maken.

4.2 Aanpak

Voor het uitvoeren van dit project zal worden gewerkt met het Design Science Research framework van Hevner (Hevner, 2007). Er is voor dit framework gekozen, omdat het ontwikkelen van een product, in dit geval een LoRa-gebaseerde gps-tracker, centraal staat. Een verdere toelichting op dit framework is te zien in Figuur 2.

² Een SWOT-analyse is een analyse waarbij wordt gekeken naar de sterke en zwakke punten van een product en wat de kansen en risico's voor het product zijn.



Figuur 2 Design Science Research framework van Hevner (Hevner, 2007)

Binnen dit framework zullen de opgestelde deelvragen worden beantwoord.

De eerste deelvraag, “welke eisen kunnen gesteld worden aan het traceren van gestolen bagage?”, zal worden beantwoord vanuit de ‘environment’ en vanuit de ‘knowledge base’. De eisen zullen voornamelijk worden opgehaald door in de ‘knowledge base’ naar vergelijkbare trackers te kijken en te analyseren wat de eigenschappen hiervan zijn. Daarnaast zullen vanuit de context, het traceren van gestolen bagage in plaats van enkel verloren bagage, de eisen worden aangevuld met specifiekere eisen voor deze use-case. Hiermee worden dus ook eisen uit de ‘environment’ opgehaald. Al deze eisen zullen worden geprioriteerd met de MoSCoW-methode en vervolgens worden gedocumenteerd in een programma van eisen.

Vervolgens zal binnen de ‘design cycle’ een proof of concept worden gerealiseerd voor een op LoRa gebaseerde gps-tracker. Voor het maken van dit proof of concept zal het ontwerpdocument worden gevolgd van het “Smart Luggage Tracker”-project uit 2020 (Wolters, Beckers, Burger, & van der Heijden, 2020). Hierbij zal wel worden gewerkt met de door de projectgroep aangeraden Adafruit Feather M0 LoRa, in plaats van de Adafruit Feather 32u4 LoRa die destijds werd gebruikt.

Dit proof of concept zal worden getest om te zien of deze functioneert en deze dus klaar is voor de field test. Tijdens deze tests zal de basisfunctionaliteit worden getest, maar nog niet de uitgebreidere test onder verschillende omstandigheden. Dit wordt pas gedaan tijdens de field test. De tests en de resultaten hiervan zullen worden gedocumenteerd in een testrapport.

Als het proof of concept alle tests heeft doorstaan kan de field test worden uitgevoerd, waarmee antwoord kan worden gegeven op de tweede deelvraag, “wat zijn de sterke en zwakke punten van een prototype van een op LoRa gebaseerde gps-tracker op basis van een field test?” Tijdens deze field test zal de tracker worden getest onder verschillende omstandigheden, zoals binnen, buiten, in een auto, enzovoorts. Deze tests zullen op verschillende locaties worden uitgevoerd. Deze tests en de resultaten hiervan zullen worden gedocumenteerd in een rapport.

Vervolgens zal in de ‘grounding’ stap van dit project in de literatuur worden onderzocht wat de kansen en risico’s zijn bij het gebruik van LoRa. Hiermee kan antwoord worden gegeven op de derde deelvraag, “wat zijn de kansen en risico’s van LoRa voor het traceren van bagage?” Voor het uitvoeren van dit literatuuronderzoek zal gebruik worden gemaakt van de “systematic review”-methode (Kitchenham, et

al., 2009). Er is voor deze methode gekozen, omdat hiermee systematisch worden gezocht naar relevante artikelen.

Met de verzamelde informatie uit het literatuuronderzoek en de field test zal vervolgens een SWOT-analyse worden uitgevoerd. Hierbij worden de sterke punten, zwakke punten, kansen en risico's naast elkaar gelegd en kan worden gekeken hoe deze samenhangen. Hiermee wordt antwoord gegeven op de vierde deelvraag, "hoe kunnen de kansen van LoRa zoveel mogelijk worden benut voor het traceren van gestolen bagage?", en de vijfde deelvraag, "hoe kunnen de risico's van LoRa zoveel mogelijk worden geminimaliseerd voor het traceren van gestolen bagage?"

Met alle deelvragen beantwoord kan antwoord worden gegeven op de hoofdvraag, "hoe geschikt is LoRa voor een gps-tracker voor het traceren van gestolen bagage op basis van een SWOT-analyse van een field test?"

5 Resultaten

5.1 Welke eisen kunnen gesteld worden aan het traceren van gestolen bagage?

Voor het opstellen van de eisen is een tiental gps-trackers bekeken. Daarnaast zijn deze eisen aangevuld met eisen die vanuit de context, het traceren van gestolen bagage, voortvloeien. De eisen die het belangrijkst zijn voor het proof of concept staan vermeld in Tabel 1. Dit zijn niet de eisen die het belangrijkst zijn voor een functioneel eindproduct. Daarvoor kan worden gekeken naar het volledig overzicht van eisen in 10.1 Overzicht van eisen.

ID	Eis	Prioriteit
F01	De tracker verzendt zijn locatie iedere 5 minuten naar een LoRa-netwerk.	Must
F02	De locatie kan wereldwijd worden ontvangen.	Should
N03	De locatie heeft een afwijking van maximaal 5 meter.	Should
F04	De locatie wordt ontvangen als de tracker zich bovengronds bevindt.	Must
F05	De locatie wordt ontvangen als de tracker zich in een gebouw bevindt.	Should
F06	De locatie wordt ontvangen als de tracker zich buiten bevindt.	Must
F07	De locatie wordt ontvangen als de tracker zich in een voertuig bevindt.	Should

Tabel 1 Belangrijkste eisen

5.2 Wat zijn de sterke en zwakke punten van een prototype van een op LoRa gebaseerde gps-tracker op basis van een field test?

Het proof of concept wat ontwikkeld is voor de field test, kon niet volledig worden gebouwd aan de hand van het ontwerpdocument van het “Smart Luggage Tracker”-project uit 2020 (Wolters, Beckers, Burger, & van der Heijden, 2020). De code die was gebruikt bij de Adafruit Feather 32u4 LoRa bleek niet te werken voor de Adafruit Feather M0 LoRa. Daarom is het ontwerpdocument niet volledig gevolgd en zijn er dus een aantal dingen in het proof of concept anders gedaan dan vooraf gepland. Een instructie voor hoe het proof of concept kan worden gebouwd is te vinden in 10.2 Hardware- en softwareconfiguratie.

Het gebouwde proof of concept is getest aan de hand van vooraf ontworpen tests. Het proof of concept heeft alle tests doorstaan. Voor een overzicht van de uitgevoerde tests met daarbij de resultaten, zie 10.3 Testgevallen en -resultaten.

Het slagen van alle tests betekende dat het proof of concept klaar was voor de field test. Bij de field test is de tracker getest in Cadier en Keer, Nieuwstadt, Maastricht, Heerlen, Weert en Sint-Geertruid. Op deze locaties is de tracker onder verschillende omstandigheden getest, dat wil zeggen: binnen, buiten, in een auto, in een trein en in een bos.

Uit de field test is gebleken dat het bereik van het LoRa-netwerk erg beperkt is. Alleen in Heerlen en in Cadier en Keer kon succesvol verbinding worden gemaakt met het netwerk en werden de coördinaten succesvol verstuurd en ontvangen. Op deze twee locaties was de antenne erg dichtbij (binnen 200 meter), wat hoogstwaarschijnlijk de reden is dat er verbinding kon worden gemaakt.

Daarnaast bleek uit de test dat het gps-bereik binnen vaak wegvalt. Bij slechts twee van de vijf locaties binnen kon de locatie succesvol worden opgehaald. De afwijking van de gps in vergelijking met de daadwerkelijke coördinaten lag daarnaast op gemiddeld 13 meter.

Een auto bleek geen invloed te hebben op de resultaten. Zowel voor het verzenden en ontvangen via LoRa als het ophalen van de gps-locatie maakte de auto geen verschil.

Voor alle resultaten uit de field test, zie 10.4 Resultaten field test.

5.3 Wat zijn de kansen en risico's van LoRa voor het traceren van bagage?

Voor het uitvoeren van het literatuuronderzoek, waarmee de kansen en risico's van LoRa zijn onderzocht, zijn vier relevante artikelen gebruikt. In deze artikelen zijn meerdere kansen en risico's gevonden. Een compact en concreet overzicht hiervan is te zien in Tabel 2.

Kansen	Risico's
Grote range (Bembe, Abu-Mahfouz, Masonta, & Ngqondi, 2019)	Lage datarates (Marais & Malekian, 2017)
Star-network topology (Bembe, Abu-Mahfouz, Masonta, & Ngqondi, 2019)	Verschillende landen gebruiken verschillende frequenties (Marais & Malekian, 2017)
Lange batterijduur (Gu, Niu, Jiang, Liu, & Atiquzzaman, 2019)	Slecht bereik onder water (Marais & Malekian, 2017)
Goedkoop (Gu, Niu, Jiang, Liu, & Atiquzzaman, 2019)	Slecht bereik ondergronds (Marais & Malekian, 2017)
Meerdere data tegelijk ontvangen (Ertürk, Aydın, Büyükakkaşlar, & Evirgen, 2019)	Minder goed signaal tijdens regenbuien (Ertürk, Aydın, Büyükakkaşlar, & Evirgen, 2019)
Veel verschillende geschikte use-cases (Marais & Malekian, 2017)	Gelimiteerd in frequentie van versturen (Marais & Malekian, 2017)
Zonder externe hardware geolocatie bepalen (Ertürk, Aydın, Büyükakkaşlar, & Evirgen, 2019)	Publieke en privé LoRa-netwerken kunnen elkaar verstoren (Marais & Malekian, 2017)
Open source communicatie protocol (Bembe, Abu-Mahfouz, Masonta, & Ngqondi, 2019)	Grote datapiek wanneer veel apparaten tegelijk opnieuw moeten verbinden (Marais & Malekian, 2017)
Openheid van LoRa zorgt ervoor dat applicaties kunnen worden gebouwd rondom de sterke kanten van LoRa (Marais & Malekian, 2017)	Niet goed beveiligd (Bembe, Abu-Mahfouz, Masonta, & Ngqondi, 2019)

Tabel 2 Overzicht van kansen en risico's

5.4 Hoe kunnen de kansen van LoRa zoveel mogelijk worden benut voor het traceren van gestolen bagage? & Hoe kunnen de risico's van LoRa zoveel mogelijk worden geminimaliseerd voor het traceren van gestolen bagage?

Met de verzamelde informatie uit de field test en het literatuuronderzoek is de SWOT-analyse uitgevoerd. De sterke punten, zwakke punten, kansen en risico's zijn allereerst bij elkaar gezet. Zie hiervoor 10.5 SWOT-analyse. Met een overzicht van deze aspecten, is een confrontatiematrix opgesteld. In Tabel 3 Confrontatiematrix is een overzicht te zien van de aspecten, waarbij een relatie aan te wijzen was. In deze tabel zijn alleen de aspecten met een normale of sterke samenhang te zien.

Legenda:	Sterke punten	Zwakke punten
----------	---------------	---------------

1 – Lichte samenhang 2 – Normale samenhang 3 – Sterke samenhang		Er kan verbinding worden gemaakt met LoRa	De data komt goed door bij The Things Network wanneer er verbinding is met LoRa	De gps-locatie heeft een gemiddelde afwijking van 13 meter i.p.v. de 5 meter die wordt geëist in het programma van eisen	Het proof of concept kan vaak geen verbinding maken met het LoRa-netwerk
Kansen	LoRa kan voor een groot bereik zorgen	2			3
	De openheid van LoRa zorgt ervoor dat applicaties kunnen worden gebouwd rondom de sterke kanten van LoRa	2	2		
Risico's	Verschillende landen gebruiken verschillende frequenties van het LoRa-netwerk			3	
	Het interval waarop LoRa data verstuurd is enkele minuten		3		
	Publieke en privé LoRa-netwerken kunnen elkaar verstoren		2		3
	Als veel apparaten tegelijk verbinden met het LoRa-netwerk, ontstaat een grote datapiek		2		3

Tabel 3 Confrontatiematrix

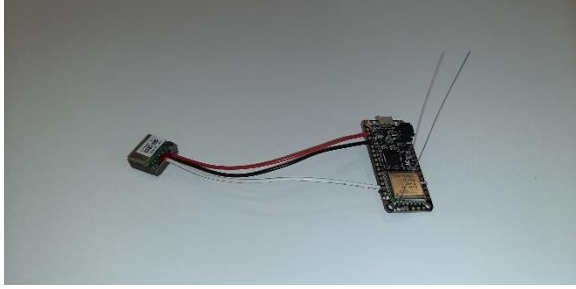
De volledige confrontatiematrix, inclusief de aspecten zonder of met lichte samenhang, is te zien in 10.6 Confrontatiematrix.

Het belangrijkste aspect is het slechte bereik wat LoRa-netwerk biedt. LoRa kan echter wel voor een groot bereik zorgen. Door het netwerk te verbeteren, kan ook het bereik worden vergroot.

Daarnaast zijn er een aantal risico's, waardoor het netwerk mogelijk minder stabiel is en dus niet bereikbaar was. Dit zijn het verstoren van het netwerk, doordat publieke en privé LoRa-netwerken elkaar verstoren en de grote datapiek die ontstaat als veel apparaten opnieuw moeten verbinden met een antenne. Dit zijn belangrijke aspecten waar een oplossing voor moet worden gevonden.

5.5 Beschrijving artefact

Het artefact voor dit project is het gerealiseerde proof of concept, wat als testinstrument voor de field test heeft gefungeerd. Dit proof of concept is een gps-tracker die via LoRa zijn locatie naar The Things Network (The Things Network, sd) verstuurd. In Figuur 3 is een foto te zien van het proof of concept.



Figuur 3 Proof of concept

6 Discussie

Tijdens dit project is een groot aantal resultaten verzameld. Een aanzienlijk deel van deze resultaten is naar voren gekomen door de field test, waarbij in de praktijk is onderzocht of een LoRa-tracker voor gestolen bagage werkt en wat de beperkingen hierbij zijn. Hieruit zijn belangrijke resultaten naar voren gekomen over het bereik van LoRa. Uit deze resultaten is gebleken dat LoRa wellicht niet zo goed werkt als in eerste instantie zou worden gedacht.

Wat belangrijk is om op te merken is dat tijdens deze field test uitsluitend in Limburg is uitgevoerd. Het is mogelijk dat in andere delen van Nederland het bereik beter is. Dit is niet onderzocht. Verder is er getest met het LoRa-netwerk van The Things Network (The Things Network, sd). De kans is zeer aanwezig dat een test op een ander netwerk andere resultaten laat zien. Daarnaast moet er ook rekening mee worden gehouden dat het gaat om een proof of concept. De mogelijkheid bestaat dat er verbeteringen aan het proof of concept aan te brengen zijn, waarmee het bereik verbetert. Ook dit is niet onderzocht.

Bij de resultaten uit de literatuur moet er daarnaast rekening mee worden gehouden dat het onmogelijk is ieder stukje relevante informatie te vinden, ondanks dat er gebruik gemaakt is van een systematische aanpak. Het is dus mogelijk dat er nog relevante informatie te vinden is voor dit onderzoek, wat niet is gevonden.

Echter, doordat gebruik is gemaakt van een systematische aanpak tijdens dit project, waarbij de resultaten reproduceerbaar zijn, mits dezelfde aanpak wordt gevolgd, kan worden gezegd dat de resultaten die dit project naar voren heeft gebracht betrouwbaar zijn.

7 Conclusie

Door het beantwoorden van de deelvragen kan antwoord worden gegeven op de hoofdvraag: “Hoe geschikt is LoRa voor een gps-tracker voor het traceren van gestolen bagage op basis van een SWOT-analyse van een field test?”

LoRa heeft een aantal mooie voordelen, zoals blijkt uit het literatuuronderzoek, waaronder de lange batterijduur, het potentiële grote bereik en de lage kosten. Als echter wordt gekeken naar de resultaten van de field test, blijkt dat het netwerk simpelweg niet voldoende is voor het traceren voor bagage. Op het merendeel van de geteste locaties kon geen verbinding worden gemaakt met het LoRa-netwerk, waardoor coördinaten niet verstuurd werden en de tracker dus niet bruikbaar was. Hiermee voldoet de tracker duidelijk niet aan de eisen die zijn gesteld.

Om antwoord te geven op de hoofdvraag, het huidige LoRa-netwerk is dermate beperkt qua bereik dat het niet geschikt is voor een op LoRa gebaseerde gps-tracker voor gestolen bagage.

Op basis van de SWOT-analyse kan wel worden gezegd dat er mogelijkheden zijn voor verbetering, zoals het verbeteren van het LoRa-netwerk. Echter geeft deze SWOT-analyse ook een aantal risico's die zeker mee moeten worden genomen tijdens het ontwikkelen van een LoRa-tracker, zoals de stabiliteit van het netwerk.

Er zijn nog zaken die verder onderzocht moeten worden. Eén daarvan is de reden waarom het bereik in de praktijk zo tegenviel, ondanks dat LoRa-antennes soms erg dichtbij waren. Daarnaast kan worden onderzocht of er wellicht mogelijkheden zijn om de tracker zelf te verbeteren voor een betere ontvangst.

Mocht in de toekomst het LoRa-netwerk dermate worden uitgebreid dat een dekkend netwerk ontstaat, dan kan worden gekeken naar het verder uitbreiden van het proof of concept, zodat een eindproduct kan worden gerealiseerd. Hierbij moet worden gedacht aan onder andere het realiseren van een mobiele applicatie waarmee de locatie op een nette manier kan worden uitgelezen.

8 Notitie van de auteur

Dit onderzoek is uitgevoerd door een projectgroep van vier personen, bestaande uit Finn Alberts, Laurent Dassen, Maud Derhaag en Brent Vliex. Aangezien vanuit Zuyd Hogeschool van ieder projectlid een eigen extended abstract werd verwacht, is dit extended abstract uitsluitend door Finn Alberts geschreven. Voor dit project zijn dus nog drie extended abstracts geschreven door de andere projectleden.

9 Verwijzingen

- Bembe, M., Abu-Mahfouz, A., Masonta, M., & Ngqondi, T. (2019). A survey on low-power wide area networks for IoT applications. *Telecommunication Systems*, 249–274.
- Bider, I., Johannesson, P., & Perjons, E. (2013). Design Science Research as Movement Between Individual and Generic Situation-Problem–Solution Spaces. *Designing Organizational Systems: An Interdisciplinary Discourse*, 35-61.
- Ertürk, M., Aydın, M., Büyükakkaşlar, M., & Evirgen, H. (2019). A Survey on LoRaWAN Architecture, Protocol and Technologies. *Future Internet*.
- Eurofiber. (sd). *Wat is LoRa nu eigenlijk? Internet of Things (IOT) - Eurofiber*. Opgehaald van Eurofiber: <https://www.eurofiber.nl/lifeline/wat-is-lora-nu-eigenlijk/>
- Gu, F., Niu, J., Jiang, L., Liu, X., & Atiqzaman, M. (2019). Survey of the low power wide area network technologies. *Journal of Network and Computer Applications*.
- Hevner, A. R. (2007). A three cycle view of design science research. *Scandinavian journal of information systems*, 19(2), 4.
- Kitchenham, B., Brereton, O., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., & Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering—a systematic literature review. *Information and software technology*, 51(1), 7-15.
- KPN. (sd). *Alle informatie over de KEYCO LoRa GPS Tracker | KPN*. Opgehaald van KPN: <https://www.kpn.com/smart-out-of-home/keyco-lora-gps-tracker.htm>
- Marais, J. M., & Malekian, R. (2017). LoRa and LoRaWAN Testbeds: a Review.
- The Things Network. (sd). *The Things Network*. Opgehaald van The Things Network: <https://www.thethingsnetwork.org/>
- Wolters, Y., Beckers, P., Burger, R., & van der Heijden, K. (2020). *Extended Abstract - LoRa Infrastructuur*. Heerlen.

10 Bijlagen

10.1 Overzicht van eisen

Het ID van een eis is opgebouwd uit een letter (F voor functionele eisen, N voor niet-functionele eisen) en een oplopend nummer. Functionele eisen zijn blauw gemarkeerd. Niet-functionele eisen zijn rood gemarkeerd.

ID	Eis	Prioriteit
F01	De tracker verzendt zijn locatie iedere 5 minuten naar een LoRa-netwerk.	Must
F02	De locatie kan wereldwijd worden ontvangen.	Should
N03	De locatie heeft een afwijking van maximaal 5 meter.	Should
F04	De locatie wordt ontvangen als de tracker zich bovengronds bevindt.	Must
F05	De locatie wordt ontvangen als de tracker zich in een gebouw bevindt.	Should
F06	De locatie wordt ontvangen als de tracker zich buiten bevindt.	Must
F07	De locatie wordt ontvangen als de tracker zich in een voertuig bevindt.	Should
N08	De locatie wordt ontvangen onder alle weersomstandigheden (natuurrampen uitgesloten).	Could
N09	De tracker functioneert tussen temperaturen van -10°C en 60°C.	Could
F10	De tracker heeft een batterijduur van minimaal 5 dagen.	Should
F11	De tracker geeft een signaal als de batterij van de tracker bijna leeg is.	Would
N12	De tracker voldoet aan minimaal IP65.	Could
F13	De locatie kan worden uitgelezen met een mobiele applicatie.	Must
N14	De gebruiker kan alleen de locatie van zijn/haar eigen tracker bekijken.	Should
F15	De locatie van de tracker wordt versleuteld voordat deze wordt verstuurd.	Should
F16	De tracker heeft een beveiliging om te voorkomen dat deze ongeautoriseerd wordt uitgeschakeld.	Should
F17	De mobiele applicatie geeft een melding als de locatie niet wordt ontvangen op het verwachte moment.	Could

Tabel 4 Overzicht van Eisen

10.2 Hardware- en softwareconfiguratie

Zie voor alle informatie betreffende het gebouwde proof of concept

https://github.com/ZuydUniversity/B2F5_SmartLuggageTracker-18 of het bijgevoegde zip-bestand, *20210408lora_codeProofOfConcept.zip*.

10.3 Testgevallen en -resultaten

Testnummer	Testgeval	Verwacht resultaat	Daadwerkelijk resultaat
1	De tracker kan worden opgestart.	De tracker start op.	Zoals verwacht
2	De tracker kan data verzenden via Lora.	Er verschijnen resultaten bij The Things Network.	Zoals verwacht

3	De tracker kan zijn gps-locatie ophalen.	De correcte coördinaten verschijnen in de console.	Zoals verwacht
4	De tracker kan zijn gps-locatie versturen via LoRa.	De coördinaten verschijnen bij The Things Network.	Zoals verwacht
5	De tracker functioneert op de batterij (en dus niet op de stroom van een laptop).	De tracker start op.	Zoals verwacht

Tabel 5 Testgevallen en -resultaten

10.4 Resultaten field test

Locatie	Soort locatie/details	Gemiddelde coördinaten volgens tracker	Coördinaten volgens Garmin (controle)	Afwijking in meters	Succespercentage LoRa
Cadier en Keer	Buiten	N 50.82948, E 5.76067	N 50.82952, E 5.76055	10 meter	100%
Cadier en Keer	Binnen in supermarkt	N 50.82924, E 5.76021	N 50.82925, E 5.76033	9 meter	100%
Cadier en Keer	Binnen in auto	N 50.82950, E 5.76058	N 50.82947, E 5.76060	4 meter	100%
Nieuwstadt	Buiten	N 51.03645, E 5.86095	N 51.03608, E 5.86063	47 meter	0%
Nieuwstadt	Binnen in supermarkt	Geen bereik	N 51.03670, E 5.86013	-	0%
Nieuwstadt	Binnen in auto	N 51.03598, E 5.86056	N 51.03600, E 5.86062	5 meter	0%
Maastricht	Buiten	N 50.85169, E 5.68364	N 50.851779, E 5.683700	11 meter	0%
Maastricht	Binnen in station	Geen bereik	N 50.85175, E 5.68370	-	0%
Maastricht	Binnen in auto	N 50.85023, E 5.70467	N 50.85023, E 5.70443	17 meter	0%
Heerlen	Buiten	N 50.88245, E 5.95850	N 50.882434, E 5.958456	4 meter	100%
Heerlen	Binnen in Zuyd Hogeschool	Geen bereik	Geen bereik	-	100%
Heerlen	Binnen in auto	N 50.88255, E 5.95836	N 50.882585, E 5.958379	4 meter	100%
Weert	Buiten	N 51.25389, E 5.70648	N 51.25383, E 5.70650	7 meter	0%
Weert	Binnen in station	N 51.24934, E 5.70383	N 51.24930, E 5.70413	21 meter	0%
Weert	Binnen in auto	N 51.24901, E 5.70735	N 51.24893, E 5.70745	11 meter	0%

Tussen Ransdaal en Heerlen	Binnen in trein	-	-	-	0%
Sint-Geertruid	Savelsbos	N 50.78581, E 5.74611	N 50.785691 E 5.746224	15 meter	0%

Tabel 6 Resultaten field test

10.5 SWOT-analyse

Sterke punten (Field test)	Zwakke punten (Field test)
<ul style="list-style-type: none"> • Er kan verbinding worden gemaakt met LoRa • De data komt goed door bij The Things Network wanneer er verbinding is met LoRa • Auto heeft geen invloed op resultaten 	<ul style="list-style-type: none"> • De gps-locatie heeft een gemiddelde afwijking van 13 meter i.p.v. de 5 meter die wordt geëist in het programma van eisen • Het proof of concept kan vaak geen verbinding maken met het LoRa-netwerk
Kansen (Literatuuronderzoek)	Risico's (Literatuuronderzoek)
<ul style="list-style-type: none"> • LoRa kan voor een groot bereik zorgen • LoRa gebruikt een star-network topology, wat voor een laag batterijverbruik zorgt • LoRa is goedkoper dan andere netwerken • LoRa kan meerdere datastromen tegelijk ontvangen • LoRa heeft veel verschillende geschikte use-cases • De geolocatie kan zonder externe hardware (inaccuraat) worden bepaald • LoRa gebruikt een open source communicatieprotocol • De openheid van LoRa zorgt ervoor dat applicaties kunnen worden gebouwd rondom de sterke kanten van LoRa 	<ul style="list-style-type: none"> • Het LoRa-netwerk heeft lage datarates • Verschillende landen gebruiken verschillende frequenties van het LoRa-netwerk • LoRa heeft een slecht bereik onder water • LoRa heeft een slecht bereik ondergronds • LoRa heeft een minder goed signaal tijdens regenbuien • Het interval waarop LoRa data verstuurd is enkele minuten • Publieke en privé LoRa-netwerken kunnen elkaar verstoren • Als veel apparaten tegelijk verbinden met het LoRa-netwerk, ontstaat een grote datapijk • LoRa is niet goed beveiligd waardoor de data die je verzendt via LoRa niet veilig is

Tabel 7 SWOT-analyse

10.6 Confrontatiematrix

Legenda: 1 – Lichte samenhang 2 – Normale samenhang 3 – Sterke samenhang		Sterke punten			Zwakke punten	
		Er kan verbinding worden gemaakt met LoRa	De data komt goed door bij The Things Network wanneer er verbinding is met LoRa	Auto heeft geen invloed op resultaten	De gps-locatie heeft een gemiddelde afwijking van 13 meter i.p.v. de 5 meter die wordt geëist in het programma van eisen	Het proof of concept kan vaak geen verbinding maken met het LoRa-netwerk
Kansen	LoRa kan voor een groot bereik zorgen	2				3
	LoRa gebruikt een star-network topology, wat voor een laag batterijverbruik zorgt					
	LoRa is goedkoper dan andere netwerken					1
	LoRa kan meerdere datastromen tegelijk ontvangen		1			
	LoRa heeft veel verschillende geschikte use-cases					
	De geolocatie kan zonder externe hardware (inaccuraat) worden bepaald				1	
	LoRa gebruikt een open source communicatieprotocol					
	De openheid van LoRa zorgt ervoor dat applicaties kunnen worden gebouwd rondom de sterke kanten van LoRa	2	2			

Risico's	Het LoRa-netwerk heeft lage datarates		1			
	Verskillende landen gebruiken verschillende frequenties van het LoRa-netwerk				3	
	LoRa heeft een slecht bereik onder water					
	LoRa heeft een slecht bereik ondergronds					
	LoRa heeft een minder goed signaal tijdens regenbuien					
	Het interval waarop LoRa data verstuurd is enkele minuten		3			
	Publieke en privé LoRa-netwerken kunnen elkaar verstoren		2			3
	Als veel apparaten tegelijk verbinden met het LoRa-netwerk, ontstaat een grote datapiek		2			3
	LoRa is niet goed beveiligd waardoor de data die je verzendt via LoRa niet veilig is		1			1

Tabel 8 Confrontatiematrix