

# Onderzoeksrapport

---

CASUS LORA – SMART LUGGAGE TRACKER

Finn Alberts, Laurent Dassen, Maud Derhaag  
en Brent Vliex  
ZUYD HOGESCHOOL | HBO-ICT



## Inhoudsopgave

1 Aanleiding.....	2
2 Doelstelling.....	2
3 Aanpak.....	2
3.1 Field Test .....	2
3.2 Literatuuronderzoek.....	2
3.3 SWOT-analyse.....	3
4 Resultaten.....	3
4.1 Field Test .....	3
4.2 Literatuuronderzoek.....	5
4.2.1 Zoekresultaten .....	5
4.3 SWOT-analyse.....	9
4.3.1 Kansen benutten en risico's minimaliseren .....	11
5 Conclusie .....	13
6 Discussie .....	13
7 Verwijzingen .....	13
8 Bijlagen .....	15
8.1 Eisen .....	15
8.2 Field test .....	15
8.3 Beoordeling van titels.....	15

## 1 Aanleiding

Dit onderzoeksrapport is onderdeel van het Smart Luggage Tracker project. Binnen dit project wordt middels een SWOT-analyse onderzocht wat de sterke en zwakke punten zijn van LoRa voor het creëren van een gps-tracker voor het traceren van gestolen bagage. Ook wordt er gekeken naar de mogelijkheden en risico's bij het gebruik van LoRa.

Hiermee wordt onderzocht of het traceren van gestolen bagage een aanspreken use-case is van LoRa, waarmee LoRa kan worden gepromoot.

## 2 Doelstelling

Het doel van het onderzoeksrapport is het maken van een SWOT-analyse voor het gebruik van LoRa voor een gps-tracker voor gestolen bagage. Op basis van deze SWOT-analyse kan een afweging gemaakt worden om te kijken of LoRa geschikt is voor gps-trackers voor gestolen bagage. Hiermee wordt de hoofdvraag beantwoord. Deze hoofdvraag is:

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

## 3 Aanpak

Dit onderzoeksrapport bestaat uit drie onderdelen. Als eerste zullen de resultaten van de field test worden benoemd, ten tweede zal een literatuuronderzoek worden gedaan en tot slot zal een SWOT-analyse worden uitgevoerd op basis van de gevonden resultaten van de field test en het literatuuronderzoek.

Een eerdere deelvraag, “Welke eisen kunnen gesteld worden aan het traceren van gestolen bagage?”, wordt beantwoord in het programma van eisen. Zie voor een overzicht van de eisen bijlage 1.

### 3.1 Field Test

Het doel van de field test is het vinden van de sterke en zwakke punten van het proof of concept. Dit wordt gedaan door op verschillende locaties in Limburg de verbinding met het LoRa-netwerk te testen. Dit zal naast de verschillende locaties ook onder verschillende omstandigheden gedaan worden op deze locaties. De field test is gedocumenteerd in een los rapport. In dit rapport is ook de aanpak van de field test te lezen. Zie hiervoor bijlage 2. Met deze field test wordt de deelvraag “Wat zijn de sterke en zwakke punten van een prototype van een op LoRa gebaseerde gps-tracker op basis van een field test?” beantwoord.

### 3.2 Literatuuronderzoek

Het doel van het literatuuronderzoek is het vinden van de kansen en risico's van LoRa voor gps-trackers. Hiermee worden de deelvraag “Wat zijn de kansen en risico's van LoRa voor het traceren van bagage?” beantwoord.

Voor het literatuuronderzoek wordt gebruik gemaakt van de “systematic review”-methode (Kitchenham, et al., 2009). Er is voor deze methode gekozen, omdat zo breed wordt gezocht naar relevante artikelen.

Allereerst zal in de Zuyd Bibliotheek een zoekopdracht worden opgesteld in combinatie met enkele filters. Deze zoekopdracht wordt verfijnd tot er circa 200 resultaten zijn.

Van deze 200 resultaten worden de titels bekeken. Op basis van deze titels wordt gekeken of deze voldoen aan de volgende criteria:

- LoRa, LPWAN of LoRaWAN
- Risico's
- Kansen of mogelijkheden

Van de artikelen die voldoen aan bovenstaande drie criteria wordt het abstract gelezen. Op basis van deze abstract wordt voor ieder artikel een score bepaald. Deze score is opgebouwd uit drie elementen:

- LoRa, LPWAN of LoRaWAN: 0-3 punten
- Risico's: 0-3 punten
- Kansen of mogelijkheden: 0-3 punten

Het aantal punten staat voor hoe relevant het artikel is voor het betreffende criterium op basis van het abstract.

De vijf artikelen met de hoogste score zullen worden geanalyseerd voor relevante informatie.

### 3.3 SWOT-analyse

Op basis van de gevonden resultaten uit de field test en het literatuuronderzoek zal een SWOT-analyse worden uitgevoerd.

Er zal een concreet overzicht worden gemaakt van de sterke punten, de zwakke punten, de kansen en de risico's. Ook zal worden onderzocht hoe de kansen kunnen worden benut en de risico's kunnen worden geminimaliseerd. Met deze analyse wordt antwoord gegeven op de volgende twee deelvragen:

- 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?

## 4 Resultaten

### 4.1 Field Test

In Tabel 1 zijn de belangrijkste resultaten van de field test te zien.

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 1 Resultaten field test

Uit deze resultaten kan worden geconcludeerd dat het bereik van LoRa erg beperkt is. Alleen op locaties waar de antenne heel dichtbij staat kon verbinding met LoRa worden gemaakt.

Daarnaast kan worden geconcludeerd dat het bereik van gps binnen beperkt is. Meer dan de helft van de tijd kon de gps-locatie binnen niet worden opgehaald. De afwijking van de gps locatie ligt tussen de 4 en 21 meter, met één uitschieter van 47 meter. Gemiddeld was de afwijking 13 meter.

Een auto bleek geen invloed te hebben op de resultaten.

Voor verdere toelichting op de resultaten en hoe deze tot stand zijn gekomen, zie bijlage 2.

## 4.2 Literatuuronderzoek

### 4.2.1 Zoekresultaten

#### *Zoekopdracht en filters*

De gebruikte zoekopdracht is “lorawan AND risk AND opportunity AND lora”. Hiermee werden 376 artikelen gevonden. Op deze zoekopdracht zijn vervolgens nog twee filters toegepast:

- Door experts gecontroleerd, hierdoor kan worden aangenomen dat de artikelen die overblijven betrouwbaar zijn.
- Engels, omdat dit de enige taal is buiten Nederlands die volledig te begrijpen is voor de projectgroep.

Door deze filters bleven 258 over.

#### *Beoordeling van titels*

Voor de beoordeling van de titels zijn de titels in Mendeley (Mendeley Ltd., sd) geïmporteerd. Hierdoor bleven 187 artikelen over. Het vermoeden is dat er dubbele artikelen tussen stonden, die door Mendeley eruit zijn gehaald.

Zie bijlage 3 voor een beoordeling van deze titels op basis van de drie criteria.

Bij de beoordeling van de titels zijn 11 artikelen overgebleven waar drie keer met “ja” kon worden geantwoord.

#### *Score op basis van abstract*

In Tabel 2 zijn de scores te zien op basis van de abstracts van de artikelen.

Titel	LoRa, LPWAN of LoRaWAN	Risico's	Kansen of mogelijkheden	Totaalscore
A Public Blockchain-Enabled Wireless LoRa Sensor Node for Easy Continuous Unattended Health Monitoring of Bolted Joints: Implementation and Evaluation.	1	0	0	1
A Survey on LoRaWAN Architecture, Protocol and Technologies.	3	1	3	7
A survey on low-power wide area networks for IoT applications.	3	3	3	9
A Survey on the Security of Low Power Wide Area Networks: Threats, Challenges, and Potential Solutions.	3	3	0	6

IoT security vulnerabilities and predictive signal jamming attack analysis in LoRaWAN.	3	3	0	6
LoRaWAN security survey: Issues, threats and possible mitigation techniques	3	3	0	6
Low Power Wide Area Network, Cognitive Radio and the Internet of Things: Potentials for Integration.	3	2	3	8
Low Power Wide Area Networks (LPWAN) at Sea: Performance Analysis of Offshore Data Transmission by Means of LoRaWAN Connectivity for Marine Monitoring Applications.	3	1	2	6
Security Risk Analysis of LoRaWAN and Future Directions.	3	3	0	6
Sub-GHz LPWAN Network Coexistence, Management and Virtualization: An Overview and Open Research Challenges.	3	2	2	7
Survey of the low power wide area network technologies	3	2	3	8

Tabel 2 Scores voor artikelen op basis van abstract

De vijf artikelen met de hoogste score worden helemaal gelezen en gebruikt in het literatuuronderzoek. Deze vijf artikelen zijn groen gemarkeerd.

### Artikelen

Van de vijf artikelen die gelezen zijn, zijn er twee niet gebruikt omdat deze achteraf gezien toch niet de goede informatie bevatten.

Eén van deze twee artikelen, *“Low Power Wide Area Network, Cognitive Radio and the Internet of Things: Potentials for Integration”* (Onumanyi, Abu-Mahfouz, & Hancke, 2020), refereerde naar een ander nuttig artikel, namelijk *“LoRa and LoRaWAN Testbeds: a Review”* (Marais & Malekian, 2017). Dit artikel bleek veel goede informatie te bevatten en is daarom ook gebruikt.

Het andere artikel zonder relevante informatie was *“Sub-GHz LPWAN Network Coexistence, Management and Virtualization: An Overview and Open Research Challenges”* (Poorter, et al., 2017). Dit artikel is helemaal niet gebruikt. Het uiteindelijke aantal gebruikte artikelen zit dus op vier.

Tijdens het lezen van de artikelen zijn er een aantal kansen en bedreigingen naar voren gekomen. Deze kansen en bedreigingen zullen hieronder schematisch worden weergegeven en daaronder zullen ze verder in detail worden uitgelegd.

Kansen	Risico's
Grote range	Lage datarates
Star-network topology	Verschillende landen gebruiken verschillende frequenties
Lange batterijduur	Slecht bereik onder water
Goedkoop	Slecht bereik ondergronds
Meerdere data tegelijk ontvangen	Minder goed signaal tijdens regenbuien
Veel verschillende geschikte use-cases	Gelimiteerd in frequentie van versturen
Zonder externe hardware geolocatie bepalen	Publieke en privé LoRa-netwerken kunnen elkaar verstoren
Open source communicatie protocol	Grote datapijk wanneer veel apparaten tegelijk opnieuw moeten verbinden
Openheid van LoRa zorgt ervoor dat applicaties kunnen worden gebouwd rondom de sterke kanten van LoRa	Niet goed beveiligd

Tabel 3 Kort overzicht kansen en risico's

### Kansen

Het LoRa-netwerk heeft een grote range (Bembe, Abu-Mahfouz, Masonta, & Ngqondi, 2019). Door deze range heeft LoRa een groot bereik en kunnen zo meer apparaten verbinden.

Ook maakt LoRa gebruik van een star-network topology (Bembe, Abu-Mahfouz, Masonta, & Ngqondi, 2019). Dit is een netwerk waarbij elk apparaat afzonderlijk aan een centraal punt gekoppeld is. Binnen dit netwerk zijn alle deelnemers (behalve het centrale punt) gelijkwaardig. Communicatie tussen de verschillende apparaten loopt altijd via het centrale punt. Hierdoor is een laag stroomverbruik mogelijk en zo kan de batterijduur langer worden. De batterijduur van LoRa kan oplopen tot tientallen jaren (Gu, Niu, Jiang, Liu, & Atiquzzaman, 2019).

Verder is LoRa een goedkope optie in vergelijking met andere netwerken. Dit betekent dat LoRa de goedkope keuze kan worden voor vele consumenten (Gu, Niu, Jiang, Liu, & Atiquzzaman, 2019).

Ook kan het netwerk van LoRa meerdere datastromen tegelijk ontvangen. Zelfs als deze op dezelfde frequentie zitten verstoren zij elkaars signaal niet (Ertürk, Aydın, Büyükakkaşlar, & Evirgen, 2019). Dit geldt niet voor publieke en privé netwerken, deze zouden juist niet moeten kunnen communiceren met elkaar.

Verder heeft LoRa vele opties, waardoor LoRa een goede optie is voor het ontdekken van verschillende use-cases. Dit kan zijn van Smart-City tot agrarische sensor (Marais & Malekian, 2017).

Daarbij kunnen apparaten die met LoRa verbonden zijn, zonder externe hardware toch geolocaties laten ophalen via het netwerk (Ertürk, Aydın, Büyükakkaşlar, & Evirgen, 2019). Dit kan wel inaccuraat zijn, maar kan wel geld besparen, omdat geen losse gps-module aangeschaft hoeft te worden, indien de locatie niet accuraat hoeft te zijn.



Tevens heeft het LoRa-netwerk een open source communicatieprotocol (Bembe, Abu-Mahfouz, Masonta, & Ngqondi, 2019). Open source heeft als voordeel dat iedereen aanpassingen kan doen aan de broncode om zo meer uit LoRa te halen. Dit kan dan weer gedeeld worden met andere gebruikers.

Door deze openheid van LoRa kunnen er makkelijk applicaties worden gemaakt. Deze applicaties kunnen dan rond de sterke kanten van LoRa gebruikt worden (Marais & Malekian, 2017). Ook kunnen de minder sterke punten op deze manier worden geminimaliseerd.

#### *Risico's*

Naast de kansen zijn er ook een aantal risico's. Zo heeft het LoRa-netwerk lage datarates, aangezien niet veel informatie kan worden verstuurd via de 868MHz frequentie die LoRa gebruikt. Dit betekent dat er maar weinig data kan worden verstuurd via LoRa (Marais & Malekian, 2017).

Meer dan vijfenzeventig landen gebruiken verschillende frequenties van het LoRa-netwerk. Het gebruik van deze verschillende frequenties kan betekenen dat apparaten niet via het LoRa-netwerk kunnen communiceren als het apparaat op de verkeerde frequentie uitzendt. Dit zou betekenen dat een LoRa-apparaat zelf zou moeten herkennen waar het zich bevindt en op basis hiervan de frequentie waarop wordt uitgezonden aanpast (Marais & Malekian, 2017).

Ook is het bereik onder water slecht. Dit komt omdat het water de frequentie kan verstoren en daardoor de connectie snel kwijt kan raken. Vanaf een diepte van 10-12cm valt het signaal helemaal weg (Marais & Malekian, 2017).

Het bereik ondergronds is ook slecht. Dit komt omdat te veel harde en solide massa tussen de ontvanger en het netwerk ervoor zorgt dat het netwerk de ontvanger niet kan bereiken. LoRa zou ondergrond dus beperkt of zelfs helemaal niet functioneren (Marais & Malekian, 2017).

Tijdens regenbuien kan het signaal ook verzwakken. Door interferentie van de regen kan het zijn dat het signaal van het netwerk niet goed door kan komen naar de ontvanger (Ertürk, Aydın, Büyükkaktaşlar, & Evirgen, 2019).

Verder is LoRa gelimiteerd in hoe vaak ze data kunnen versturen (de frequentie waarop data wordt verstuurd is laag). Dit betekent bijvoorbeeld dat LoRa niet geschikt is voor realtime data uitwisseling. Hiervoor is de frequentie van verzenden te laag (Marais & Malekian, 2017).

Daarnaast kunnen publieke en privé-netwerken van LoRa elkaar verstoren, aangezien deze op dezelfde frequentie werken, maar niet met elkaar mogen communiceren (Marais & Malekian, 2017).

Nog een ander risico is dat er een grote datapiek zal ontstaan, wanneer veel devices tegelijkertijd willen verbinden met het LoRa-netwerk. Zo'n piek zou kunnen ontstaan als een

antenne tijdelijk wegvalt en alle apparaten vervolgens opnieuw moeten verbinden (Marais & Malekian, 2017).

Tot slot is LoRa is niet goed beveiligd en daarom is de data die je verzendt via LoRa ook niet veilig (Bembe, Abu-Mahfouz, Masonta, & Ngqondi, 2019)s. Kwaadaardige mensen kunnen jouw gegevens gemakkelijker onderscheppen via het LoRa-netwerk. De reden dat LoRa niet goed beveiligd is, is dat LoRa-apparaten vaak maar beperkte rekenkracht hebben. Hierdoor is niet genoeg rekenkracht beschikbaar voor het versleutelen van gegevens.

Apparaten verbonden met het LoRa-netwerk zijn beveiligd met twee soorten keys; een Network Session Key en een Application Session Key. De functies voor sleutelencrypties zijn niet beveiligd met een encryptie, waardoor hackers sneller bij de sleutels kunnen komen (Team groen, 2017).

#### 4.3 SWOT-analyse

Met de gevonden resultaten uit het literatuuronderzoek en de field test kan een SWOT-analyse worden gedaan. Zie hiervoor Tabel 4.

Sterke punten (Field test)	Zwakke punten (Field test)
<ul style="list-style-type: none"><li>• Er kan verbinding worden gemaakt met LoRa</li><li>• De data komt goed door bij The Things Network wanneer er verbinding is met LoRa</li><li>• Auto heeft geen invloed op resultaten</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• De gps-locatie heeft een gemiddelde afwijking van 13 meter i.p.v. de 5 meter die wordt geëist in het programma van eisen</li><li>• Het proof of concept kan vaak geen verbinding maken met het LoRa-netwerk</li></ul>

Kansen (Literatuuronderzoek)	Risico's (Literatuuronderzoek)
<ul style="list-style-type: none"> <li>LoRa kan voor een groot bereik zorgen</li> <li>LoRa gebruikt een star-network topology, wat voor een laag batterijverbruik zorgt</li> <li>LoRa is goedkoper dan andere netwerken</li> <li>LoRa kan meerdere datastromen tegelijk ontvangen</li> <li>LoRa heeft veel verschillende geschikte use-cases</li> <li>De geolocatie kan zonder externe hardware (inaccuraat) worden bepaald</li> <li>LoRa gebruikt een open source communicatieprotocol</li> <li>De openheid van LoRa zorgt ervoor dat applicaties kunnen worden gebouwd rondom de sterke kanten van LoRa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Het LoRa-netwerk heeft lage datarates</li> <li>Verschillende landen gebruiken verschillende frequenties van het LoRa-netwerk</li> <li>LoRa heeft een slecht bereik onder water</li> <li>LoRa heeft een slecht bereik ondergronds</li> <li>LoRa heeft een minder goed signaal tijdens regenbuien</li> <li>Het interval waarop LoRa data verstuurd is enkele minuten</li> <li>Publieke en privé LoRa-netwerken kunnen elkaar verstoren</li> <li>Als veel apparaten tegelijk verbinden met het LoRa-netwerk, ontstaat een grote datapijk</li> <li>LoRa is niet goed beveiligd waardoor de data die je verzendt via LoRa niet veilig is</li> </ul>

Tabel 4 SWOT-analyse

Een aantal zwakke en sterke punten hebben een relatie met een aantal kansen en risico's. Dit is te zien in de confrontatiematrix in Tabel 5.

<b>Legenda:</b> 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 5 Confrontatiematrix

#### 4.3.1 Kansen benutten en risico's minimaliseren

##### Kansen benutten

Een kans van LoRa voor het traceren van gestolen bagage is dat het grote bereik ervoor zorgt dat over grote afstanden de bagage kan worden getraceerd. In de field test bleek dit bereik echter erg tegen te vallen. Dit bereik zou wellicht kunnen worden verbeterd door meer LoRa-antennes te plaatsen. Hierdoor wordt één van de twee zwakke punten van het proof of concept verholpen. Dit is echter wel een project van enorme omvang.

Een andere kans van LoRa is de lange batterijduur, waardoor bagage voor langere tijd kan worden teruggevonden. Ook is LoRa goedkoper dan andere netwerken, wat ook weer kansen biedt, doordat het uitrusten van bagage met de tracker dan niet voor veel duurdere koffers zorgt. Hierdoor kan een koffer die is uitgerust met de tracker ook concurreren met een koffer zonder tracker. Ook kan een koffer met een LoRa-tracker mogelijk ook nog concurreren met een tracker met een beter bereik, aangezien deze duurdere zullen zijn.

Het open source communicatieprotocol van LoRa is ook een kans. Dit kan namelijk voor betere beveiliging zorgen, doordat kwetsbaarheden eerder worden ontdekt. Open source zorgt er tevens voor dat problemen in de software sneller worden opgelost.

Daarnaast is dankzij de mogelijkheid van LoRa om meerdere datastromen tegelijk te ontvangen, de openheid van LoRa, de lage datarates en het langere interval de verbinding met The Things Network wel stabiel, als er eenmaal verbinding is gemaakt.

#### *Risico's minimaliseren*

Eén van de risico's van LoRa is de lage datarates. Voor een gps-tracker hoeft dit echter geen probleem te zijn. Aangezien alleen coördinaten worden verstuurd, blijven de datarates sowieso laag, zelfs wanneer nog extra informatie zou worden toegevoegd om verschillende trackers te onderscheiden.

Eén ander risico is dat verschillende landen verschillende frequenties voor LoRa gebruiken. Hier zou omheen kunnen worden gewerkt door de tracker met verschillende antennes uit te rusten, die op verschillende frequenties kunnen uitzenden. Om te zien op welke frequentie moet worden uitgezonden, kan gebruik gemaakt worden van de gps-module om te zien in welk land de tracker zich bevindt. Of dit een praktisch wensbare oplossing is, is een andere vraag.

LoRa verzendt tevens met een langer interval van enkele minuten. Bagage kan dus niet realtime gevolgd worden. Echter is in het programma van eisen een interval van 5 minuten geëist. Dit is met LoRa realistisch.

Het risico van de slecht beveiligde data zou kunnen worden opgelost door de data te versleutelen, voordat deze wordt verzonden. Dit kan echter wel krachtigere hardware vereisen, waardoor de tracker duurdere zou kunnen worden.

Ook zorgen de laatste drie risico's uit Tabel 5 ervoor dat de verbinding met The Things Network niet stabiel is of überhaupt niet kan worden gemaakt. Dit zou kunnen worden opgelost door veel te investeren in het netwerk en hiermee de dekking en stabiliteit te verbeteren.

#### *Overige kansen en risico's*

Niet alle kansen kunnen worden benut voor de tracker en niet alle risico's kunnen worden geminimaliseerd. Deze moeten echter wel tijdens het ontwikkelen van de tracker in het achterhoofd worden gehouden.

## 5 Conclusie

Uit het onderzoek is gebleken dat met de huidige dekking van het LoRa-netwerk, LoRa niet geschikt is voor het traceren van gestolen bagage. Er kan vaak geen verbinding worden gemaakt met het netwerk.

Wanneer het LoRa-netwerk zou worden verbeterd en de dekking hierdoor vele malen groter worden, is er potentie voor de tracker. Deze functioneerde namelijk goed op de momenten dat er wel bereik was.

Tevens biedt LoRa wel een aantal mooie kansen van een tracker, waarbij de grootste kans is dat LoRa erg goedkoop is. Echter zijn er een aantal minpunten, zoals het slechte bereik en omstandigheden als regen die het signalen verstoren, waar niet omheen kan worden gewerkt. Dit zijn toch wel zware minpunten, die zwaarder wegen dan de kansen die LoRa biedt.

Om 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?”, te beantwoorden kan worden gezegd dat LoRa in de huidige staat niet geschikt is voor het traceren van gestolen bagage.

## 6 Discussie

Ondanks dat we tot goede resultaten zijn gekomen, zijn er mogelijk een aantal punten van discussie. Eén van deze punten is dat uitsluitend is gewerkt met het LoRa-netwerk van The Things Network (The Things Network, sd). Op een ander netwerk waren de resultaten mogelijk anders geweest.

Ook is tijdens het literatuuronderzoek ook een beetje gewerkt met de sneeuwbal-methode (Biernacki & Waldorf, 1981), ondanks dat dit in de aanpak niet was genoemd. Dit werd gedaan, omdat hiermee een heel erg relevant artikel werd gevonden, wat met de “systematic review”-methode niet werd gevonden. Dat dit artikel niet eerder was gevonden, betekent dus ook dat er mogelijk nog meer relevante artikelen zijn, die we niet hebben gevonden. Hierdoor zijn dus mogelijk ook niet alle kansen en risico's van LoRa gevonden.

Een laatste punt van mogelijke discussie is dat hoe kansen kunnen worden benut en hoe risico's kunnen worden geminimaliseerd voornamelijk op logica is gebaseerd en dus niet op externe literatuur. De feiten voor deze logica zijn echter wél gebaseerd op externe literatuur.

## 7 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.

Biernacki, P., & Waldorf, D. (1981). Snowball sampling: Problems and techniques of chain referral sampling. *Sociological methods & research*, 10(2), 141-163.

Ertürk, M., Aydın, M., Büyükkakşar, M., & Evirgen, H. (2019). A Survey on LoRaWAN Architecture, Protocol and Technologies. *Future Internet*.

- Gu, F., Niu, J., Jiang, L., Liu, X., & Atiquzzaman, M. (2019). Survey of the low power wide area network technologies. *Journal of Network and Computer Applications*.
- 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.
- Marais, J. M., & Malekian, R. (2017). LoRa and LoRaWAN Testbeds: a Review.
- Mendeley Ltd. (sd). Opgehaald van Mendeley: <https://www.mendeley.com/>
- Onumanyi, A. J., Abu-Mahfouz, A. M., & Hancke, G. P. (2020). Low Power Wide Area Network, Cognitive Radio and the Internet of Things: Potentials for Integration. *Sensors*.
- Poorter, E. D., Hoebeke, J., Strobbe, M., Moerman, I., Latré, S., Weyn, M., . . . Famaey, J. (2017). Sub-GHz LPWAN Network Coexistence, Management and Virtualization: An Overview and Open Research Challenges. *Wireless Personal Communications*, 187-213.
- Team groen. (2017, november 1). *Hoe veilig is LoRa?* Opgehaald van Team Groen: [https://project.cmi.hr.nl/2017\\_2018/tle12\\_ond\\_t2/wordpress/2017/11/01/hoe-veilig-is-lora/](https://project.cmi.hr.nl/2017_2018/tle12_ond_t2/wordpress/2017/11/01/hoe-veilig-is-lora/)
- The Things Network. (sd). *The Things Network*. Opgehaald van The Things Network: <https://www.thethingsnetwork.org/>

## 8 Bijlagen

### 8.1 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.	Should
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 6 Overzicht van eisen

### 8.2 Field test

Zie 20210311lora\_fieldTest.pdf

### 8.3 Beoordeling van titels

Titel	LoRa, LPWAN of LoRaWAN	Risico's	Kansen of mogelijkheden
3D IoT System for Environmental and Energy Consumption Monitoring System.	Nee	Nee	Nee
A General Outline of a Sustainable Supply Chain 4.0.	Nee	Nee	Nee
A Model for the Remote Deployment, Update, and Safe Recovery for Commercial Sensor-Based IoT Systems.	Nee	Nee	Nee



A Multi-Hop LoRa Linear Sensor Network for the Monitoring of Underground Environments: The Case of the Medieval Aqueducts in Siena, Italy.	Ja	Nee	Nee
A Multi-Protocol IoT Platform Based on Open-Source Frameworks.	Nee	Nee	Nee
A novel Dual-Blockchained structure for contract-theoretic LoRa-based information systems	Ja	Nee	Nee
A Public Blockchain-Enabled Wireless LoRa Sensor Node for Easy Continuous Unattended Health Monitoring of Bolted Joints: Implementation and Evaluation.	Ja	Ja	Ja
A reliability and performance GSPN-Based model for anti-collision RFID algorithms under noisy channels in industrial internet of things	Nee	Nee	Nee
A Review of Advanced Localization Techniques for Crowdsensing Wireless Sensor Networks.	Nee	Nee	Nee
A Review of Energy Harvesting Techniques for Low Power Wide Area Networks (LPWANS).	Ja	Ja	Ja
A Review of the Applications of the Internet of Things (IoT) for Agricultural Automation.	Nee	Ja	Ja
A Risk-Assessment of Cyber Attacks and Defense Strategies in Industry 4.0 Ecosystem.	Nee	Ja	Nee
A Role-Based Software Architecture to Support Mobile Service Computing in IoT Scenarios.	Nee	Nee	Nee
A Self-Powered PMFC-Based Wireless Sensor Node for Smart City Applications.	Nee	Nee	Nee
A Smart Water Metering Deployment Based on the Fog Computing Paradigm.	Nee	Nee	Nee
A Survey of Collaborative UAV–WSN Systems for Efficient Monitoring.	Nee	Ja	Ja
A Survey of IIoT Protocols: A Measure of Vulnerability Risk Analysis Based on CVSS.	Nee	Ja	Ja
A Survey on Enhanced Smart Micro-Grid Management System with Modern Wireless Technology Contribution.	Nee	Ja	Ja
A Survey on Internet of Things and Cloud Computing for Healthcare.	Nee	Ja	Ja
A Survey on IoT Big Data: Current Status, 13 V's Challenges, and Future Directions.	Nee	Ja	Ja
A Survey on LoRaWAN Architecture, Protocol and Technologies.	Ja	Ja	Ja

A survey on low-power wide area networks for IoT applications.	Ja	Ja	Ja
A Survey on the Security of Low Power Wide Area Networks: Threats, Challenges, and Potential Solutions.	Ja	Ja	Ja
A Visitor Assistance System Based on LoRa for Nature Forest Parks.	Ja	Nee	Nee
Abstracts.	Nee	Nee	Nee
Adoption of blockchain technology in various realms: Opportunities and challenges.	Nee	Ja	Ja
Advancements in Radiographic Evaluation Through the Migration into NDE 4.0.	Nee	Nee	Nee
Alternative On-board Communication Systems Enhancing the Operation Efficiency of Vessel Traffic Services.	Nee	Nee	Nee
An Alertness-Adjustable Cloud/Fog IoT Solution for Timely Environmental Monitoring Based on Wildfire Risk Forecasting.	Nee	Nee	Nee
An Alternative Internet-of-Things Solution Based on LoRa for PV Power Plants: Data Monitoring and Management.	Ja	Nee	Nee
An Automatic Embedded Device Registration Procedure Based on the OGC SensorThings API.	Nee	Nee	Nee
An Autonomous Low-Power LoRa-Based Flood-Monitoring System.	Ja	Nee	Nee
An Integrated IoT Architecture for Smart Metering Using Next Generation Sensor for Water Management Based on LoRaWAN Technology: A Pilot Study.	Ja	Nee	Nee
An Integrated Wearable Wireless Vital Signs Biosensor for Continuous Inpatient Monitoring.	Nee	Nee	Nee
An Internet-of-Things (IoT) Network System for Connected Safety and Health Monitoring Applications.	Nee	Nee	Nee
Analysis of factors affecting IoT-based smart hospital design.	Nee	Ja	Ja
Application of the Internet of Things in the textile industry.	Nee	Nee	Nee
Aspects of nanospacecraft design for main-belt sailing voyage	Nee	Nee	Nee
Assessing the Potential of LPWAN Communication Technologies for Near Real-Time Leak Detection in Water Distribution Systems.	Ja	Ja	Nee
A–Z survey of Internet of Things: Architectures, protocols, applications,	Nee	Ja	Ja

recent advances, future directions and recommendations			
Big data and IoT-based applications in smart environments: A systematic review	Nee	Nee	Nee
BIM in People2People and Things2People Interactive Process.	Nee	Nee	Nee
Bio-inspired routing algorithm for MANETs based on fungi networks	Nee	Nee	Nee
Blockchain and IoT integrated approach for a trusted and secured process to manage the transportation of dangerous goods.	Nee	Nee	Nee
Capturing the salient aspects of IoT research: A Social Network Analysis.	Nee	Nee	Nee
City Scale Particulate Matter Monitoring Using LoRaWAN Based Air Quality IoT Devices.	Ja	Nee	Nee
Comprehensive survey of the IoT open-source OSs.	Nee	Ja	Ja
Construction resource efficiency improvement by Long Range Wide Area Network tracking and monitoring	Ja	Nee	Nee
Continuous Subsurface Tomography Over Cellular Internet of Things (IoT).	Nee	Nee	Nee
Cost-Effective Implementation of a Temperature Traceability System Based on Smart RFID Tags and IoT Services.	Nee	Nee	Nee
Crop Management with the IoT: An Interdisciplinary Survey.	Nee	Ja	Ja
Cyber-enabled grids: Shaping future energy systems	Nee	Nee	Nee
Cyber-Physical Systems for Water Supply Network Management: Basics, Challenges, and Roadmap.	Nee	Nee	Nee
Decentralized spectrum learning for radio collision mitigation in ultra-dense IoT networks: LoRaWAN case study and experiments.	Ja	Nee	Nee
Design and deployment challenges in immersive and wearable technologies.	Nee	Ja	Nee
Design and Implementation of an Integrated IoT Blockchain Platform for Sensing Data Integrity.	Nee	Nee	Nee
Design, Deployment and Evolution of Heterogeneous Smart Public Lighting Systems.	Nee	Nee	Nee
Detection and Location of Earth Fault in MV Feeders Using Screen Earthing Current Measurements.	Nee	Nee	Nee

Developing a Secure Low-Cost Radon Monitoring System.	Nee	Nee	Nee
Development and Implementation of a Hybrid Wireless Sensor Network of Low Power and Long Range for Urban Environments.	Ja	Nee	Nee
Digital construction: From point solutions to IoT ecosystem	Nee	Nee	Nee
Dual-Radio Configuration for Flexible Communication in Flocking Micro/Miniature Aerial Vehicles.	Nee	Nee	Nee
DUST Initializr — Graph-based platform for designing modules and applications in the revised DUST framework	Nee	Nee	Nee
Dynamic Characterization of a High-Altitude Balloon during a Flight Campaign for the Detection of ISM Radio Background in the Stratosphere.	Nee	Nee	Nee
Edge Computing: A Survey On the Hardware Requirements in the Internet of Things World.	Nee	Ja	Ja
Edge computing: A tractable model for smart agriculture?	Nee	Nee	Nee
Emerging Wireless Sensor Networks and Internet of Things Technologies—Foundations of Smart Healthcare.	Nee	Nee	Nee
Energy Harvesting Techniques for Wireless Sensor Networks/Radio-Frequency Identification: A Review.	Nee	Nee	Nee
Enhancing Key Management in LoRaWAN with Permissioned Blockchain.	Ja	Nee	Nee
ESco: Eligibility score-based strategy for sensors selection in CR-IoT: Application to LoRaWAN	Ja	Nee	Nee
Evolving IoT networks by the confluence of MEC and LP-WAN paradigms	Ja	Nee	Nee
Experimental Evidence of the Viability of Thermoelectric Generators to Power Volcanic Monitoring Stations.	Nee	Nee	Nee
Feeding the World With Microwaves: How Remote and Wireless Sensing Can Help Precision Agriculture.	Nee	Nee	Nee
Fleet Management and Control System for Medium-Sized Cities Based in Intelligent Transportation Systems: From Review to Proposal in a City.	Nee	Nee	Nee
Fog computing in health: A systematic literature review.	Nee	Nee	Nee
Fog-based Secure Communications for Low-power IoT Devices.	Nee	Nee	Nee

From serendipity to sustainable green IoT: Technical, industrial and political perspective	Nee	Nee	Nee
Geophysical Research Abstracts.	Nee	Nee	Nee
Hardware Security of Fog End-Devices for the Internet of Things.	Nee	Nee	Nee
Impact of EU duty cycle and transmission power limitations for sub-GHz LPWAN SRDs: an overview and future challenges.	Nee	Ja	Nee
Implementing a blockchain-based local energy market: Insights on communication and scalability	Nee	Nee	Nee
Improving Intelligence and Efficiency of Salt Lake Production by Applying a Decision Support System Based on IOT for Brine Pump Management.	Nee	Nee	Nee
Improving the service industry with hyper-connectivity: IoT in hospitality.	Nee	Nee	Nee
Industrial Internet of Things: Challenges, Opportunities, and Directions.	Nee	Ja	Ja
Industrial Opportunities and Challenges for Perovskite Photovoltaic Technology.	Nee	Ja	Ja
Industry 4.0 in the port and maritime industry: A literature review	Nee	Nee	Nee
Integrated urban water management with micro storages developed as an IoT-based solution – The smart rain barrel	Nee	Nee	Nee
Intelligent Control Method of Hoisting Prefabricated Components Based on Internet-of-Things.	Nee	Nee	Nee
Internet of Beer: A Review on Smart Technologies from Mash to Pint.	Nee	Ja	Ja
Internet of Things (IoT) and the Energy Sector.	Nee	Nee	Nee
Internet of Things (IoT): A review of enabling technologies, challenges, and open research issues	Nee	Ja	Ja
Internet of Things and data mining: From applications to techniques and systems.	Nee	Nee	Nee
Internet of Things and Its Applications: A Comprehensive Survey.	Nee	Ja	Ja
Internet of Things Applications as Energy Internet in Smart Grids and Smart Environments.	Nee	Nee	Nee
Internet of Things for Smart Spaces: A University Campus Case Study.	Nee	Nee	Nee
Internet of things in the archives: novel tools for environmental monitoring of archival collections.	Nee	Nee	Nee

Internet of Things: A Scientometric Review.	Nee	Ja	Ja
Internet-of-Things-Based Smart Cities: Recent Advances and Challenges.	Nee	Ja	Ja
Intrusion detection systems for IoT-based smart environments: a survey.	Nee	Ja	Ja
IoT Architecture for Enhancing Rural Societal Services in Sub-Saharan Africa	Nee	Nee	Nee
IoT Ecosystem: A Survey on Devices, Gateways, Operating Systems, Middleware and Communication.	Nee	Ja	Ja
IoT Power Monitoring System for Smart Environments.	Nee	Nee	Nee
IoT security vulnerabilities and predictive signal jamming attack analysis in LoRaWAN.	Ja	Ja	Ja
IoT technologies for smart cities.	Nee	Nee	Nee
IoT Technology Applications-Based Smart Cities: Research Analysis.	Nee	Ja	Ja
IoT-based Irrigation Management for Smallholder Farmers in Rural Sub-Saharan Africa	Nee	Nee	Nee
IoT-Based Sensor Data Fusion for Determining Optimality Degrees of Microclimate Parameters in Commercial Greenhouse Production of Tomato.	Nee	Nee	Nee
IoT-based telemedicine for disease prevention and health promotion: State-of-the-Art	Nee	Nee	Nee
IoT-Enabled Gas Sensors: Technologies, Applications, and Opportunities.	Nee	Nee	Ja
IoT-enabled smart grid via SM: An overview	Nee	Nee	Nee
Is Open Hardware Worthwhile? Learning from Thales' Experience with RISC-V.	Nee	Nee	Nee
Key technologies of ubiquitous power Internet of Things-aided smart grid.	Nee	Nee	Nee
K-Means Spreading Factor Allocation for Large-Scale LoRa Networks.	Ja	Nee	Nee
LDAF: Low-Bandwidth Distributed Applications Framework in a Use Case of Blockchain-Enabled IoT Devices.	Nee	Nee	Nee
LED lighting systems for smart buildings: a review.	Nee	Ja	Ja
Lessons Learned From the Development of Wireless Environmental Sensors.	Nee	Nee	Ja
LoBEMS—IoT for Building and Energy Management Systems.	Nee	Nee	Nee

Looking at energy through the lens of Industry 4.0: A systematic literature review of concerns and challenges	Nee	Ja	Ja
LoRa Sensor Network Development for Air Quality Monitoring or Detecting Gas Leakage Events.	Ja	Nee	Nee
LoRaMoto: A communication system to provide safety awareness among civilians after an earthquake	Ja	Nee	Nee
LoRaWAN Battery-Free Wireless Sensors Network Designed for Structural Health Monitoring in the Construction Domain.	Ja	Nee	Nee
LoRaWAN security survey: Issues, threats and possible mitigation techniques	Ja	Ja	Ja
LoRaWAN-Based Energy-Efficient Surveillance by Drones for Intelligent Transportation Systems.	Ja	Nee	Nee
Low Power Wide Area Network, Cognitive Radio and the Internet of Things: Potentials for Integration.	Ja	Ja	Ja
Low Power Wide Area Networks (LPWAN) at Sea: Performance Analysis of Offshore Data Transmission by Means of LoRaWAN Connectivity for Marine Monitoring Applications.	Ja	Ja	Ja
Low Throughput Networks for the IoT: Lessons learned from industrial implementations.	Nee	Nee	Ja
Low-Cost IoT Remote Sensor Mesh for Large-Scale Orchard Monitorization.	Nee	Nee	Nee
Low-Cost IoT: A Holistic Approach.	Nee	Nee	Nee
Machine learning enabled tools and methods for indoor localization using low power wireless network	Nee	Nee	Nee
MAKE-IT—A Lightweight Mutual Authentication and Key Exchange Protocol for Industrial Internet of Things.	Nee	Nee	Nee
Monitoring and Support for Elderly People Using LoRa Communication Technologies: IoT Concepts and Applications.	Ja	Nee	Nee
Monitoring urban environmental phenomena through a wireless distributed sensor network.	Nee	Nee	Nee
Moving Towards Body-to-Body Sensor Networks for Ubiquitous Applications: A Survey.	Nee	Ja	Ja
Narrowband Internet of Things: A Comprehensive Study	Nee	Nee	Nee

No Free Lunch—Characterizing the Performance of 6TiSCH When Using Different Physical Layers.	Nee	Nee	Nee
Novel Enhanced LoRaWAN Framework for Smart Home Remote Control Security.	Ja	Nee	Nee
On the Energy Efficiency in the Next Generation of Smart Buildings—Supporting Technologies and Techniques.	Nee	Nee	Nee
On the Mobile Communication Requirements for the Demand-Side Management of Electric Vehicles.	Nee	Nee	Nee
Partner selection in self-organised wireless sensor networks for opportunistic energy negotiation: A multi-armed bandit based approach	Nee	Nee	Ja
Physical layer identification of LoRa devices using constellation trace figure.	Nee	Nee	Nee
Physical Layer Security for the Internet of Things: Authentication and Key Generation.	Nee	Nee	Nee
Powering the Environmental Internet of Things.	Nee	Nee	Nee
Proof of Concept of an IoT-Based Public Vehicle Tracking System, Using LoRa (Long Range) and Intelligent Transportation System (ITS) Services.	Ja	Nee	Nee
Pulverization in Cyber-Physical Systems: Engineering the Self-Organizing Logic Separated from Deployment.	Nee	Nee	Nee
Rapidly Deployable IoT Architecture with Data Security: Implementation and Experimental Evaluation.	Nee	Nee	Nee
Real-Time Decision-Support System for High-Mix Low-Volume Production Scheduling in Industry 4.0.	Nee	Nee	Nee
Recovery of Incapacitated Commercial Delivery Drones Using LPWAN Technology.	Ja	Nee	Nee
Secure Authentication and Credential Establishment in Narrowband IoT and 5G.	Nee	Nee	Nee
Secure Smart Homes: Opportunities and Challenges.	Nee	Ja	Ja
Security challenges to smart agriculture: Current state, key issues, and future directions	Nee	Ja	Ja
Security in IoMT Communications: A Survey.	Nee	Ja	Ja
Security Risk Analysis of LoRaWAN and Future Directions.	Ja	Ja	Ja



Sensors, vision and networks: From video surveillance to activity recognition and health monitoring.	Nee	Nee	Nee
Smart agriculture with internet of things in cornfields	Nee	Nee	Nee
Smart and wearable wireless sensors: Scenario analysis and communication issues.	Nee	Ja	Nee
Smart Campus: An Experimental Performance Comparison of Collaborative and Cooperative Schemes for Wireless Sensor Network.	Nee	Nee	Nee
Smart City Pilot Projects Using LoRa and IEEE802.15.4 Technologies.	Ja	Nee	Nee
Smart farming: Agriculture's shift from a labor intensive to technology native industry	Nee	Nee	Nee
Smart Parking: A Literature Review from the Technological Perspective.	Nee	Ja	Ja
State-of-the-Art Internet of Things in Protected Agriculture.	Nee	Nee	Nee
Sub-GHz LPWAN Network Coexistence, Management and Virtualization: An Overview and Open Research Challenges.	Ja	Ja	Ja
Survey of the low power wide area network technologies	Ja	Ja	Ja
Survey on blockchain based smart contracts: Applications, opportunities and challenges	Nee	Ja	Ja
Technological opportunities for sensing of the health effects of weather and climate change: a state-of-the-art-review.	Nee	Ja	Ja
Technologies Trend towards 5G Network for Smart Health-Care Using IoT: A Review.	Nee	Ja	Ja
The Campus as a Smart City: University of Málaga Environmental, Learning, and Research Approaches.	Nee	Nee	Nee
The Internet of Things (IoT): a survey of techniques, operating systems, and trends.	Nee	Ja	Ja
The IoT as a Key in the Sensitive Balance between Development Needs and Sustainable Conservation of Cultural Resources in Italian Heritage Cities.	Nee	Nee	Nee
The State-of-the-Art of Sensors and Environmental Monitoring Technologies in Buildings.	Nee	Nee	Nee
Towards a data-driven IoT software architecture for smart city utilities.	Nee	Nee	Nee

Towards a Secure and Scalable IoT Infrastructure: A Pilot Deployment for a Smart Water Monitoring System.	Nee	Nee	Nee
Towards an Architecture to Guarantee Both Data Privacy and Utility in the First Phases of Digital Clinical Trials.	Nee	Nee	Nee
Towards an Autonomous Industry 4.0 Warehouse: A UAV and Blockchain-Based System for Inventory and Traceability Applications in Big Data-Driven Supply Chain Management †.	Nee	Nee	Nee
Towards formal verification of IoT protocols: A Review	Nee	Ja	Ja
Towards smart farming: Systems, frameworks and exploitation of multiple sources	Nee	Nee	Nee
Towards Sustainable Energy-Efficient Communities Based on a Scheduling Algorithm.	Nee	Nee	Nee
Towards The Internet of Smart Clothing: A Review on IoT Wearables and Garments for Creating Intelligent Connected E-Textiles.	Nee	Nee	Nee
Tree tilt monitoring in rural and urban landscapes of Hong Kong using smart sensing technology	Nee	Nee	Nee
treNch : Ultra-Low Power Wireless Communication Protocol for IoT and Energy Harvesting.	Nee	Nee	Nee
Trust-based recommendation systems in Internet of Things: a systematic literature review.	Nee	Nee	Ja
UAVs assessment in software-defined IoT networks: An overview	Nee	Nee	Ja
Understanding transport paths of fluvial suspended sediments - monitoring polluted sediments of an incident.	Nee	Nee	Nee
Unmanned aerial vehicle for internet of everything: Opportunities and challenges	Nee	Nee	Ja
Vaginal birthing sensors as a tool to monitor calving on large scale applications	Nee	Nee	Nee
Wireless Middleware Solutions for Smart Water Metering.	Nee	Nee	Ja
Wireless Sensor Network for Ignitions Detection: An IoT approach.	Nee	Nee	Nee
Wireless Sensor Network in Agriculture: Model of Cyber Security.	Nee	Nee	Nee

Tabel 7 Beoordeling artikelen op basis van titel