



Faculteit Bedrijf en Organisatie

Het bepalen van een optimale opstelling voor de registratie van een verplaatsing van locatie binnen een gebouw

Cedric Delaruelle

Scriptie voorgedragen tot het bekomen van de graad van
professionele bachelor in de toegepaste informatica

Promotor:
Johan Van Schoor
Co-promotor:
Pieter Suanet

Instelling: Aucxis

Academiejaar: 2021-2022

Tweede examenperiode

Faculteit Bedrijf en Organisatie

Het bepalen van een optimale opstelling voor de registratie van een verplaatsing van locatie binnen een gebouw

Cedric Delaruelle

Scriptie voorgedragen tot het bekomen van de graad van
professionele bachelor in de toegepaste informatica

Promotor:
Johan Van Schoor
Co-promotor:
Pieter Suanet

Instelling: Aucxis

Academiejaar: 2021-2022

Tweede examenperiode

Woord vooraf

Samenvatting

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetuer id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus.

Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	15
1.1	Probleemstelling	15
1.2	Wie is Aucxis	15
1.3	Onderzoeks vraag	16
1.4	Onderzoeksdoelstelling	16
1.5	Opzet van deze bachelorproef	17
2	Literatuurstudie	19
2.1	Definities	19
2.2	Hardware	20
2.2.1	RFID	20
2.2.2	BLE	22
2.3	Software	25

3	Methodologie	27
4	Opstellingen	29
4.1	RFID	30
4.1.1	Statisch	30
4.1.2	Dynamisch	31
4.2	BLE	32
4.2.1	Statisch	32
4.2.2	Dynamisch	33
5	Conclusie	35
A	Onderzoeksvoorstel	37
A.1	Introductie	37
A.2	State-of-the-art	37
A.3	Methodologie	38
A.4	Verwachte resultaten	38
A.5	Verwachte conclusies	38
B	Bibliografie	39
	Bibliografie	41

Lijst van figuren

Lijst van tabellen

Listings

1. Inleiding

1.1 Probleemstelling

Momenteel is Aucxis, het bedrijf waar ik mee samenwerk voor het schrijven van deze bachelorproef, bezig met het uitwerken van hun Polaris platform. Het voornaamste doel van dit platform is het kunnen volgen van voorwerpen binnen en buiten bedrijven. Dit aan de hand van verschillende technologieën, voornamelijk RFID en BLE binnen het bedrijf, en GPS daarbuiten. Het concept van dit platform is dat er logische locaties bestaan (zoals warenhuis 1 of keuken), waar de voorwerpen zich bevinden. Voor een goede werking van dit systeem is het dus duidelijk nodig dat uit de data bekomen uit de hardware kan afgeleid worden op welke logische locatie een voorwerp zich bevindt en wanneer het zich verplaatst tussen locaties. Dit is geen normaal softwareprobleem want logischerwijs zal de manier waarop de hardware staat opgesteld een grote invloed hebben op de nauwkeurigheid en correctheid van deze lokalisaties en verplaatsingen. Hierdoor is het dus van groot belang voor de correcte werking van dit platform dat een goede opstelling wordt gekozen en om dit te kunnen doen is er dus een onderzoek nodig naar wat deze optimale opstelling zou kunnen zijn. Dit is dus ook de reden dat dit onderzoek in het leven is geroepen.

1.2 Wie is Aucxis

Aucxis is een bedrijf gevestigd te Stekene, welke actief is sinds 1983. Bij oprichting was het een bedrijf dat zich toespitste op het ontwikkelen van eenderzijds de bewaring (Procescontrole), en anderzijds de veilinginfrastructuur (E-trade) voor groenten en fruit. Het werd hier vrij snel een toonaangevend bedrijf en werd wereldleider tegen 2000. Later, in 2007 richtten ze een 3e businessunit op, namelijk de RFID divisie, welke zich focust op

het onderzoek naar en ontwikkeling van RFID toepassingen. Vandaag is het nog steeds een toonaangevend bedrijf met in-house oplossingen voor allerhande toepassingen binnen deze sectoren en zijn ze nog steeds actief bezig aan de optimalisering en uitbreiding hiervan. Recentelijk zijn ze ook geïnteresseerd geworden in het uitbreiden van hun praktijken naar BLE toepassingen.

1.3 Onderzoeksvergadering

Zoals duidelijk is geworden in de probleemstelling is er nood aan een onderzoek voor het vinden van een zo optimaal mogelijke opstelling voor het bepalen van locaties waar een voorwerp zich bevindt, en de verplaatsing van een voorwerp tussen die locaties. Met oog op deze probleemstelling luidt de onderzoeksvergadering voor deze bachelorproef als volgt:

Welke hardwareopstelling, bestaande uit RFID of BLE componenten, is optimaal voor de plaats- en verplaatsingsbepaling van een voorwerp binnen een gebouw.

Deze vraag omvat goed de essentie van de situatie die dient onderzocht te worden, namelijk de beste opstelling voor het volgen van een voorwerp binnen een gebouw, en dit met RFID of BLE technologie. Binnen de probleemstelling werd echter ook aangegeven dat binnen de scope van Polaris ook gps lokalisatie voor voorwerpen buiten het bedrijf aanwezig was. Locatiebepaling met behulp van gps is echter al goed ingeburgerd, waardoor er voldoende bronnen zijn en dit ook duidelijk en precies is, waardoor het geen nut heeft dit ook te onderzoeken en dus wordt dit onderdeel buiten de scope van deze bachelorproef gehouden. Plaatsbepalingen binnen zijn echter niet zo optimaal voor gps aangezien de meeste gebouwen/kantoren beschikken over verdiepingen (waar er dus meerdere locaties dezelfde geografische coördinaat hebben), en gps ook een bepaalde onzekerheid heeft op de meting.

1.4 Onderzoeksdoelstelling

Het hoofddoel van deze bachelorproef is het vergelijken van een aantal opstellingen, met RFID of met BLE, met verschillende concepten waarom ze werken. Deze verschillende opstellingen met hun theoretische achtergrond volgen verder in dit verslag. Zoals de onderzoeksvergadering echter al doet vermoeden is het doel niet louter een vergelijkende studie, aangezien het ook de bedoeling is dat er een optimale opstelling uit de bus komt. In praktijk zal er nooit een opstelling zijn die de beste is, aangezien er altijd een afweging zal zijn tussen de beste bepaling, en de kostprijs van de opstelling. Ook zullen sommige opstellingen beter zijn in bepaalde situaties dan andere. Wel zal het mogelijk zijn om totaal onpraktische en onnauwkeurige opstellingen uit te branden. De conclusie zal dus eerder een afweging geven tussen de verschillende opstellingen, maar zal zeker geen louter vergelijkende aard hebben.

1.5 Opzet van deze bachelorproef

De rest van deze bachelorproef is als volgt opgebouwd:

In Hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van de theoretische achtergrond die nodig is voor het begrijpen van het onderzoek en de rest van deze bachelorproef. Het bevat informatie over de werking van de RFID en BLE technologieën, definities van veelvoorkomende begrippen en diverse andere nodige uitleg.

In Hoofdstuk 3 wordt de methodologie toegelicht en worden de gebruikte onderzoekstechnieken besproken om een antwoord te kunnen formuleren op de onderzoeks vragen.

In Hoofdstuk 4 worden de verschillende bestudeerde opstellingen opgesomd, samen met de theoretische achtergrond.

In Hoofdstuk 5, tenslotte, wordt de conclusie gegeven en een antwoord geformuleerd op de onderzoeks vragen. Daarbij wordt ook een aanzet gegeven voor toekomstig onderzoek binnen dit domein.

2. Literatuurstudie

Dit hoofdstuk zal een overzicht geven van de theoretische achtergrond van de hardware, protocollen, programma's en andere concepten die gebruikt zullen worden bij het gevoerde onderzoek voor het beantwoorden van bovengenoemde onderzoeksvergadering.

2.1 Definities

Deze sectie zal enkele belangrijke begrippen introduceren die belangrijk zullen zijn bij het verdere lezen van dit hoofdstuk en de rest van het document.

RSSI

De RSSI, of voluit Received Signal Strength Indicator, is een maat voor de signaalsterkte die een ontvanger ontvangt van bijhorende zender. Ze wordt typisch gebruikt als het over radio-/elektromagnetische golven gaat.(Admin2022) Ze wordt uitgedrukt in Dbm (Decibel per milliwatt).(Tseard2016) Het is een zeer kleine en logaritmische maat, de waarden in dit document zullen in de grootteorde -10 Dbm liggen.

IoT

IoT, of voluit Internet Of Things, is een systeem van samenwerkende devices die met elkaar verbonden zijn via het internet, en zo, zonder menselijke tussenkomst, taken uitvoeren. Elk device is geïdentificeerd door een unieke identifier, of UID. Een device in deze context is alles wat met het internet kan verbonden zijn.(Gillis2022)

MQTT

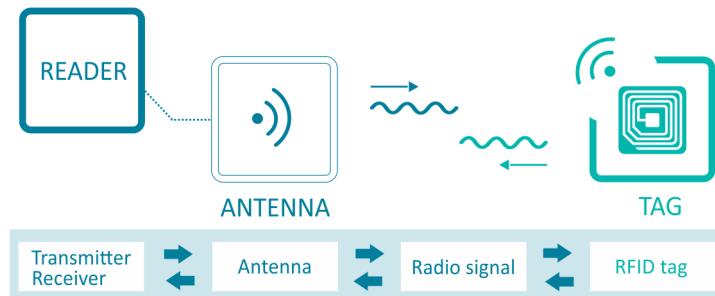
MQTT, of voluit Message Queuing Telemetry Transport, is een protocol voor het versturen van berichten gemaakt door IoT devices over het internet. Belangrijke voordelen van het protocol zijn dat het licht en efficiënt is, en gemakkelijk schaalbaar naar grote hoeveelheden devices.(MQTT2022)

2.2 Hardware

Deze sectie zal de gebruikte hardwaretechnologieën toelichten, deze zijn RFID en BLE.

2.2.1 RFID

RFID, of voluit Radio Frequency IDentification, is een draadloos communicatie systeem welke gebruik maakt van elektromagnetische golven. Een typische RFID opstelling bestaat uit 3 delen, nl. een zender/ontvanger combinatie of transceiver, een antenne, en een transponder of RFID-tag.(Auxcis2022) In essentie werkt dit als volgt: de transmitter laat de antenne een elektromagnetisch veld opwekken. Alle RFID-tags die zich in dit veld bevind zullen dit registreren en zij zullen ook een veld opwekken, welke op zijn beurt dan terug zal opgevangen worden door de antenne, waarna dit zal doorgegeven worden aan de receiver.. In essentie zal de transmitter dus een signaal uitsenden, waarop alle RFID-tags



binnen bereik zullen antwoorden, waarna dit antwoord terug zal belanden bij de receiver. De combinatie van de transceiver en de antenne wordt vaak een RFID lezer of reader genoemd, aangezien deze onderdelen steeds samen moeten werken en hardwarematig op 1 locatie zullen staan.(Amster, 2021) Deze transceiver is echter meestal niet gelimiteerd tot slechts 1 aangesloten antenne, afhankelijk van de gebruikte hardware kan deze ook 2 of 4 antennes aankoppelen. De data die de transceiver ontvangt van de RFID-tags kan vervolgens via diverse kanalen verzonden worden naar een computer of server die deze dan verder kan afhandelen. In de testopstelling zal er gebruik gemaakt worden van een Impinj Speedway Revolution transceiver, welke maximaal 4 readers kan aankoppelen, en de data doorstuurt via een ethernetverbinding. Gekoppeld aan Mini-Guardrail & Threshold Reader Antennas van Impinj.

Alhoewel alle onderdelen in de opstelling in vele verschillende geuren en kleuren beschikbaar zijn, verschilt de functionaliteit bij de antenne en transceiver niet zozeer. De

antennes kunnen verschillen in oppervlakte en vorm. Dit heeft invloed op de zone waaruit RFID-tags antwoorden zullen sturen. Een platte antenne stuurt voor zich uit, dus verwacht antwoorden vanuit die richting, terwijl een staafvormige rondom zich straalt maar niet naar zijn uiteinden. De vorm van antenne beïnvloedt ook de polarisatie van het EM veld, welke ook een invloed heeft op de RSSI. De keuze keuze tussen deze verschillende mogelijkheden is dus duidelijk afhankelijk van het toepassingsgebied. Ook de zendstekte kan variëren, maar deze is instelbaar (binnen grenzen bepaald door de transmitter). Echter blijft het hier qua verschillen voornamelijk bij. De RFID-tag daarentegen heeft veel meer fundamentele verschillen en types, welke ook een uitgebreide uitleg nodig hebben wil de lezer het komende onderzoek kunnen volgen.

De RFID-tag

Een RFID-tag, in zijn eenvoudigste vorm, bestaat uit 2 delen, nl. een IC of computerchip, en een antenne. Deze vorm wordt een passieve RFID-tag genoemd. Sommige tags beschikken ook over een interne batterij, deze actieve RFID-tags worden echter niet gebruikt tijdens dit onderzoek, en worden dus verder buiten beschouwing gelaten.(atlasrfidstore, 2022b)

De IC in de antenne is het brein van de chip. Natuurlijk heeft hij, door zijn kleine gestalte, niet veel functionaliteit. De chip bevat 4 memory banks (slots voor data), van variabele lengte (verschillende producenten produceren chips met verschillende groottes per dataslot). Deze slots zijn als volgt: de EPC (Electronic Product Code), welke een code bevat die geplaatst is door de producent maar veranderbaar is door de gebruiker. De TID (Tag Identifier), welke een uniek, read-only tagnummer bevat. De User memory, waar de gebruiker data kan opslaan, en de Reserved Memory bank, welke beveiligingsdata bevat voor het veranderen van de user memory.(Smiley2017) Deze laatste 2 zullen ongebruikt blijven bij dit onderzoek aangezien de data in de chip niet belangrijk is, maar vooral de locatie en de identificatie van de chip.

Het 2e deel van de tag, de antenne, beslaat fysiek de grootste oppervlakte van de tag. De taak van dit onderdeel is de EM signalen, uitgezonden door de transmitter, op te vangen. Waarna dit signaal gemoduleerd wordt in functie van de opgeslagen data in de dataslots en ze daarna teruggezonden wordt. Aangezien deze tags niet over een interne batterij beschikken, kaatsen ze de energie van de transmitter terug (in een licht andere golflengte en ritme door het moduleren). Dit wordt backscattering genoemd. Door deze relatie is de signaalsterkte van de transmitter dus even verantwoordelijk voor de RSSI, als de afstand tussen de tag en de antenne. Daarom is dit ook een zeer belangrijke variabele in dit verdere onderzoek.(atlasrfidstore, 2022a)

RSSI beïnvloedende factoren

In de voorgaande paragrafen zijn al enkele factoren opgesomd die de RSSI beïnvloeden, echter zijn dit niet de enige. Zo hebben we de zogenaamde SOAP: Size, Orientation, Angle en Placement.

- Size: De grootte van een tag, of specifieker van de antenne, is zeer belangrijk voor

de RSSI die de receiver terug ontvangt. Hoe groter het antenneoppervlak, hoe meer energie van de originele golf wordt opgenomen, en hoe sterker het teruggezonden signaal zal zijn.

- Orientation en Angle: Deze 2 hangen grotendeels samen. Over het algemeen zal de opgenomen energie door de antenne, en dus de RSSI van de terugzending, het hoogst zijn als het EM veld recht op de antenne staat. Hoe meer van deze staat afgeweken wordt hoe minder de RSSI dus zal zijn. Het verdraaien van de tag zal dus een grote invloed hebben op de RSSI.
- Placement: Waar de tag (op) geplaatst wordt heeft ook een grote invloed. Allereerst is heeft alles wat tussen de tag en de reader wordt geplaatst heeft een negatieve invloed op de RSSI, dit kan gaan van stof (bv. een RFID toegangskaart in een broekzak) welke een verwaarloosbare invloed heeft, tot een ijzeren plaat, welke zo'n grote invloed heeft dat er quasi geen signaal meer zal zijn. Dit is dus een belangrijke beschouwing naargelang de use case. Verder is het zo dat RFID-tags die op een metalen oppervlakte of een waterhoudende container (water heeft ook een grote invloed) worden geplaatst (ook al hangen ze richting de antenne) een speciale isolerende plaklaag moeten hebben om interferentie te voorkomen.

Buiten deze voorgaande factoren zijn er nog enkele factoren die minder te beïnvloeden zijn, zoals tussenliggende kabels en andere hardware (zoals een multiplexer) tussen de antenne en de receiver. Elk onderdeel waar het signaal door moet heeft een invloed op de RSSI, ook al is deze meestal verwaarloosbaar klein. (**Armstrong2013**)

De oplettende lezer heeft al opgemerkt dat deze factoren een grote invloed kunnen hebben op de resultaten van dit onderzoek. Uiteraard zullen alle testen moeten gebeuren in een gecontroleerde omgeving, waar de invloed van deze factoren zo veel mogelijk zal worden geminimaliseerd. De specifieke uitwerking hieromtrent is vindbaar onder het hoofdstuk methodologie.

2.2.2 BLE

BLE, of voluit Bluetooth Low Energy, is een opvolger van de klassieke Bluetooth (meer specifiek is het versie 4.0). Het is zoals zijn voorganger dus ook een standaard voor korte afstand datatransfer. Waarin het echter verschilt is dat het minder energie verbruikt, vandaar het low energy gedeelte van de naam. Het bereikt dit door lagere transfer snelheden, en het feit dat het data verzend in korte packets, en tussen de zendingen in slaapstand gaat. Dit in tegenstelling tot klassieke Bluetooth, welke een blijvende connectie onderhoud en dus nooit slaapt. Dit betekend dat BLE tot wel 100x minder energie kan verbruiken dan klassieke Bluetooth. (**Nesbo2021**)

In de context van dit onderzoek zal deze vorm van datatransfer gebruikt worden in een set-up die bestaat uit 2 delen (waarvan er van elk 1 of meerdere aanwezig zijn), nl. BLE beacons en IoT gateways.

De BLE beacon

BLE beacons zijn de devices die het feitelijke BLE signaal zullen versturen. Dit zijn actieve sensors, wat inhoud dat ze beschikken over een interne batterij en dat ze, ongeacht wie of wat er luistert, berichten versturen, en dit met een bepaald tijdsinterval. Deze intervallen zijn vrij kort en worden normaal uitgedrukt in ms.(**Adarsh2022**) De berichten die verstuurd worden bevatten het UID van de beacon, alsook mogelijk diverse andere informatie. De informatie die verzonden wordt hangt echter af van het protocol welke gebruikt wordt. Momenteel zijn de 3 voornaamste protocollen op de markt de volgende:

- IBeacon: Chronologisch het eerst uitgekomen BLE hardware en transferprotocol. Uitgebracht door Apple in 2013.
- AltBeacon: Een open-source tegenhanger voor het IBeacon platform van Apple, uitgebracht in 2014.
- Eddystone: Het antwoord van Google op de BLE protocol markt, uitgebracht in 2015. Dit is het protocol welke zal gebruikt worden tijdens dit onderzoek en zal verder in detail worden uiteengezet.

Hoewel deze protocols zijn uitgebracht door verschillende (rivaliserende) bedrijven, zijn ze allen beschikbaar voor zowel Android als IOS.(**Smart2022**)

Het aanbod beacons op de markt is vrij uitgebreid, en de meeste zijn ook samen bruikbaar in een systeem mits ze zijn ingesteld met hetzelfde protocol. Tegenwoordig beginnen sommige fabrikanten echter eigen protocollen uit te werken, welke in sommige situaties eventueel beter zouden werken maar deze laten we hier buiten beschouwing aangezien dit risico's brengt naar uitbreiding van systemen toe. In dit onderzoek kiezen we voor een standaard protocol. Enkele beacons die gebruikt zullen worden voor de testen zijn de MokoSmart H2 en de Confidex Viking.

Aangezien deze beacons een batterij bevatten, is batterijduur ook een belangrijk aandachts-punt aangezien deze een rechtstreekse invloed heeft op de onderhoudskost van systemen die vertrouwen op deze beacons. Deze duur wordt voornamelijk beïnvloed door de zend-frequentie en de grootte van de gestuurde berichten, ook kan het een optie zijn een tag met een grotere batterij te gebruiken, maar deze zijn groter en duurder. Qua performance heeft dit geen invloed maar wel op de kostprijs.

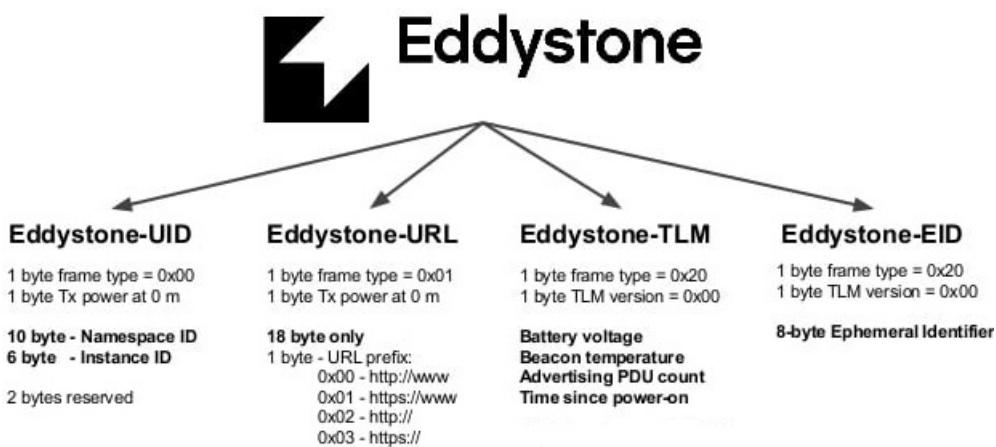
Een IoT Gateway

Zoals de naam doet vermoeden is deze gateway niet specifiek voor BLE, maar is het een intelligente hub voor IoT toepassingen algemeen, het is een device dat IoT devices kan verbinden met het internet en is in een IoT systeem dus onmisbaar. Een BLE beacon is echter ook een IoT device dus dit is een perfecte toepassing voor zo'n Gateway.(**MultiTech2022**) Een Gateway kan ook filteren en enige datamanipulatie doen, dit is nodig aangezien niet enkel de BLE beacons een signaal verzenden, maar zowat elk modern draadloos device dit doet. Zonder filtering zijn door het bos de bomen niet meer zichtbaar. Parallel aan dit feit wilt dit ook zeggen dat de meeste hedendaagse devices, zoals smartphones, tablets en pc's gebruikt kunnen worden als gateway of om BLE signalen op te vangen, door middel

van een programma zoals nRF Connect.(**Semiconductor2022**) Een type gateway dat zal gebruikt worden tijdens de testen is de MikroTik KNOT.

Het Eddystone protocol

Zoals eerder vermeld is Eddystone het protocol welke gebruikt zal worden voor deze testen, en wordt hier verder in detail besproken. Eddystone is een BLE protocol ontworpen door Google en wordt onderhouden sinds 2015. Het bestaat uit berichten met 3 verschillende frame types.



- **UID**: Dit frame (frametype x00) is het frame voor de broadcasting van het unieke beacon ID, of UID.
- **URL**: Dit frame (frametype x10) is bedoeld voor de broadcasting van een URL. Bij de ontwikkeling was het de bedoeling om notificaties met advertenties te laten zien op smartphones bij het voorbij wandelen van een BLE beacon via een bestemmings-URL verzonden via dit frame. Dit is echter nooit commercieel aangeslagen en Google ondersteund deze functie niet meer sinds december 2018.(**Estimote2018**) Deze frames zijn echter niet geheel nutteloos aangezien de verzonden URL ingesteld kan worden en dus kan gebruikt worden om custom data door te sturen.
- **TLM**: TLM is kort voor Telemetry, dit frame (frametype x20) wordt gebruikt voor het verzenden van data over de beacon. Meer bepaald over de stand van de batterij, de temperatuur van de beacon, en het aantal verzonden berichten en verstrekken tijd sinds het in gebruik nemen. Eddystone is het enige protocol dat dit doet en dit is een van de voordelen van dit protocol. Het frametype x20 wordt ook nog voor andere berichten gebruikt die niet in het oorspronkelijke protocol zaten, zoals EID (Ephemeral IDentifier), welke gebruikt wordt voor beveiliging en encryptie.

(**Google2018**)

2.3 Software

Deze sectie zal de voornaamste software die gebruikt zal worden tijdens het onderzoek toelichten.

ARTA

ARTA, of voluit Aucxis RFID Testing Application, is het custom testprogramma van Aucxis. Deze zal gebruikt worden voor het testen van de RFID opstellingen, en het visualiseren van de data.

RabbitMQ

RabbitMQ is een Open source message broker. Het is een programma welke berichten binnenkrijgt, deze in een lijst stopt, en deze doorstuurt naar een ontvanger. Hoe, waar en de transformaties op de berichten zijn instelbaar. In praktijk zal dit gebruikt worden bij de BLE opstellingen om de BLE berichten van die verkregen worden door de IoT gateway gebundeld door te sturen naar een bepaald adres op het web via het MQTT protocol, waar deze dan zichtbaar zijn voor onderzoek.(**RabbitMQ2022**)

MQTT Explorer

MQTT Explorer is een programma voor het accepteren en visualiseren van berichten verstuurd over MQTT, deze zal gebruikt worden om de berichten verstuurd door RabbitMQ op te vangen zodat ze zichtbaar zijn voor visualisatie.(**Nordquist2019**)

Hertz

Hertz is het custom middleware platform van Aucxis. Deze zorgt voor de verbinding tussen ofwel MQTT berichten bij BLE en de lezer bij RFID eenderzijds, en een API anderzijds. Deze zal gebruikt worden als de verkregen data geanalyseerd moet worden via een script of dergelijke en op een computer moet geraken.(**Hertz2020**)

3. Methodologie

Etiam pede massa, dapibus vitae, rhoncus in, placerat posuere, odio. Vestibulum luctus commodo lacus. Morbi lacus dui, tempor sed, euismod eget, condimentum at, tortor. Phasellus aliquet odio ac lacus tempor faucibus. Praesent sed sem. Praesent iaculis. Cras rhoncus tellus sed justo ullamcorper sagittis. Donec quis orci. Sed ut tortor quis tellus euismod tincidunt. Suspendisse congue nisl eu elit. Aliquam tortor diam, tempus id, tristique eget, sodales vel, nulla. Praesent tellus mi, condimentum sed, viverra at, consectetur quis, lectus. In auctor vehicula orci. Sed pede sapien, euismod in, suscipit in, pharetra placerat, metus. Vivamus commodo dui non odio. Donec et felis.

Etiam suscipit aliquam arcu. Aliquam sit amet est ac purus bibendum congue. Sed in eros. Morbi non orci. Pellentesque mattis lacinia elit. Fusce molestie velit in ligula. Nullam et orci vitae nibh vulputate auctor. Aliquam eget purus. Nulla auctor wisi sed ipsum. Morbi porttitor tellus ac enim. Fusce ornare. Proin ipsum enim, tincidunt in, ornare venenatis, molestie a, augue. Donec vel pede in lacus sagittis porta. Sed hendrerit ipsum quis nisl. Suspendisse quis massa ac nibh pretium cursus. Sed sodales. Nam eu neque quis pede dignissim ornare. Maecenas eu purus ac urna tincidunt congue.

Donec et nisl id sapien blandit mattis. Aenean dictum odio sit amet risus. Morbi purus. Nulla a est sit amet purus venenatis iaculis. Vivamus viverra purus vel magna. Donec in justo sed odio malesuada dapibus. Nunc ultrices aliquam nunc. Vivamus facilisis pellentesque velit. Nulla nunc velit, vulputate dapibus, vulputate id, mattis ac, justo. Nam mattis elit dapibus purus. Quisque enim risus, congue non, elementum ut, mattis quis, sem. Quisque elit.

Maecenas non massa. Vestibulum pharetra nulla at lorem. Duis quis quam id lacus dapibus interdum. Nulla lorem. Donec ut ante quis dolor bibendum condimentum. Etiam egestas

tortor vitae lacus. Praesent cursus. Mauris bibendum pede at elit. Morbi et felis a lectus interdum facilisis. Sed suscipit gravida turpis. Nulla at lectus. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Praesent nonummy luctus nibh. Proin turpis nunc, congue eu, egestas ut, fringilla at, tellus. In hac habitasse platea dictumst.

Vivamus eu tellus sed tellus consequat suscipit. Nam orci orci, malesuada id, gravida nec, ultricies vitae, erat. Donec risus turpis, luctus sit amet, interdum quis, porta sed, ipsum. Suspendisse condimentum, tortor at egestas posuere, neque metus tempor orci, et tincidunt urna nunc a purus. Sed facilisis blandit tellus. Nunc risus sem, suscipit nec, eleifend quis, cursus quis, libero. Curabitur et dolor. Sed vitae sem. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Maecenas ante. Duis ullamcorper enim. Donec tristique enim eu leo. Nullam molestie elit eu dolor. Nullam bibendum, turpis vitae tristique gravida, quam sapien tempor lectus, quis pretium tellus purus ac quam. Nulla facilisi.

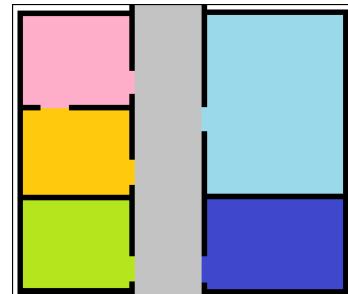
4. Opstellingen

In dit hoofdstuk zullen de 12 verschillende opstellingen die in het volgende hoofdstuk onderzocht worden opgeliist worden, samen met een ruwe schets van hoe deze opstelling eruit zal zien en een korte uitleg over hoe deze opstelling theoretisch zou moeten werken en de voor- en nadelen ervan. De verschillende opstellingen zullen onderverdeeld worden per categorie, allereerst op technologie, maar verder ook volgens het statische of het dynamische principe. Deze laatste onderverdeling houdt als volgt in:

- Statisch: In een statische opstelling wordt elk voorwerp gekenmerkt door 1 RFID Tag of BLE beacon, en de locatie waarop deze zich bevindt wordt gekenmerkt door een bepaald aantal readers (RFID-antennes of IoT Gateways), die de signalen van deze voorwerpen opvangen. Aan de hand van deze data wordt de locatie idealiter bekend.
- Dynamisch: Bij een dynamische opstelling worden zowel de voorwerpen als de locaties gedefinieerd door RFID tags of BLE beacons. Hierbij is het concept dat er met de readers (RFID-antennes of IoT Gateways) wordt rondgegaan in het gebouw. De info die hieruit vloeit zal verder geaggregeerd worden en daaruit zullen de locaties van de voorwerpen bepaald worden. Dit systeem is minder real-time dan een statische opstelling, maar het is kostendrukkend aangezien een reader veel meer kost dan een tag of beacon, dus als hun aantal geminimaliseerd kan worden is dit voordelig. In theorie kunnen deze readers overal rondgaan, welke voor een RFID opstelling ook zo zal zijn. Echter is er, in samenspraak met Aucxis en het in beschouwing nemen van hun noden, beslist dat de IoT Gateways voor de BLE scenario's enkel in de gang tussen de locaties zullen rondgaan.

De Illustratie

Elk van volgende opstellingen zal gebruik maken van een bijhorende figuur, gebaseerd op degene bijgevoegd hier. Dit is een schematische weergave van een systeem dat opgebouwd is volgens de te onderzoeken opstelling, ze heeft als doel hulp te bieden bij het begrijpen van hoe de opstelling en de definiëring van locaties eruit ziet, maar is niet noodzakelijk de testopstelling tijdens het onderzoek. Ook is hier elke logische locatie een kamer, maar dit is in praktijk niet noodzakelijk het geval (Een magazijn kan bv. opgedeeld zijn in meerdere zones zonder muren). Op volgende voorbeeldfiguur is de opbouw van de voorbeeldschets te zien, ze bestaat uit 5 locaties (weergegeven in kleur), en een gang (weergegeven in grijs). De gang is geen locatie, en is de plek waar doorgelopen zal worden met de readers bij een dynamische BLE opstelling.

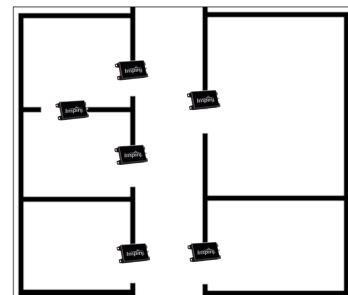


4.1 De RFID opstellingen

4.1.1 Statisch

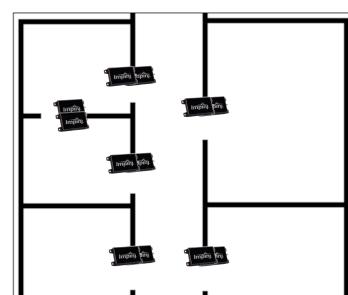
1 antenne aan deurlijst

Deze opstelling is de eenvoudigste en 1 van de opstellingen die momenteel wordt gebruikt door Aucxis, ze is voornamelijk opgenomen in dit onderzoek als referentie. Het concept bij deze opstelling is dat aan elke deurlijst 1 RFID antenne hangt. Als er een tag voorbij de antenne gaat registreert deze dit en weten we dat er een beweging heeft plaatsgevonden. Of deze in of uit de locatie is kan niet uit deze data alleen afgeleid worden, dit kan enkel in combinatie met de informatie wat zijn locatie was voor de verplaatsing. Dit is een nadeel aan deze opstelling.



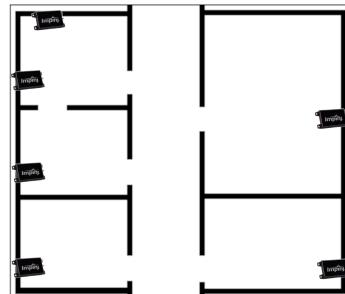
2 antenne aan deurlijst

Dit is ook 1 van de opstellingen die momenteel wordt gebruikt door Aucxis en dus ook voornamelijk een referentiepunt. Het principe is ongeveer hetzelfde als bij de vorige opstelling, echter is hier het voordeel dat de richting van de verplaatsing wel bekend is aan de hand van het tijdsverschil tussen de detecties van de tag. In dit opzicht is het dus beter dan de vorige opstelling, maar is uiteraard duurder door de hogere aantal benodigde antennes.



1 antenne tegenover deur

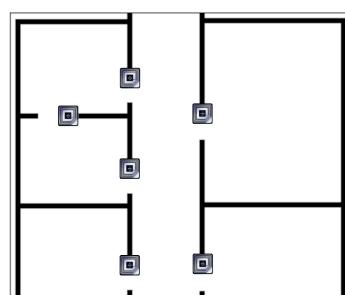
Bij deze opstelling wordt een RFID antenne tegenover de deur geplaatst, het idee hierachter is het feit dat, aangezien de RSSI afhankelijk is van de afstand tussen de antenne en de tag, het in theorie zichtbaar is aan de verandering in RSSI in welke richting de tag gaat. Ook geeft de antenne een doppler waarde mee, welke in theorie ook veranderd naargelang de richting. Als dit in praktijk blijkt te werken wilt dit zeggen dat er richtingsdetectie mogelijk is met 1 antenne, waardoor het sowieso al beter is dan de vorige 2 opstellingen. Nadeel is wel dat de kamer niet te breed mag zijn zodat de antenne ook tegenover de deur kan worden gemonteerd.



4.1.2 Dynamisch

1 tag aan deurlijst

Hier hangt er een RFID-tag aan de deurlijst (analoog aan de antenne bij de eerste statische opstelling). Als de antenne passeert aan de deur weet het aggregatieprogramma in theorie dat alle tags tussen nu en het passeren van deze of een andere locatie RFID-tag tot deze locatie behoren.



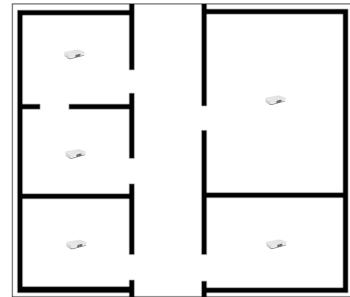
In theorie is het ook mogelijk de 2 andere statische scenario's een dynamische variant te geven, echter valt hun voordeel van richtingbepalend zijn weg hierbij aangezien de richting niet meer relevant is bij dynamisch. Deze worden dus buiten beschouwing gelaten.

4.2 De BLE opstellingen

4.2.1 Statisch

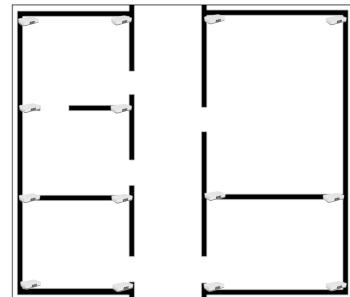
1 gateway per locatie

Deze opstelling is de eenvoudigste en meest intuïtieve van de BLE opstellingen. Elke locatie komt overeen met 1 IoT Gateway, die gepositioneerd wordt ongeveer in het middelpunt van de locatie. Het idee hierachter is dat de Gateway waar de beacon het dichtste bij is (de beste RSSI heeft), hoogstwaarschijnlijk de locatie is waar het voorwerp zich bevindt. Dit is echter niet 100% correct, en deze onnauwkeurigheid zal enkel maar groeien als de gateways-/locaties onevenredig verdeeld zijn over de oppervlakte van het gebouw.



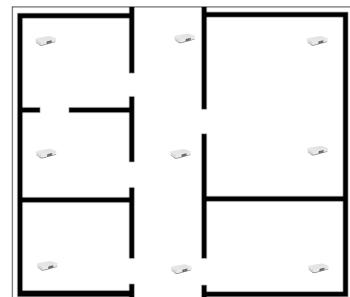
Meerdere gateways per locatie

In deze opstelling wordt een locatie gedefinieerd door meer dan 1 gateway, nl. een gateway per hoek van de locatie, zodat de locatie wordt omringd door een kader van gateways. Hiermee kan in theorie zeer gedetailleerd worden afgeleid waar de beacon zich bevindt, maar de kost voor de opstelling vliegt vrij snel de hoogte in als er veel locaties zijn. Wel kunnen gedeelde hoeken van locaties door een gedeelde beacon worden bezet.



Rasteropstelling

Deze opstelling bestaat uit een raster welke volledig het gebouw omvat. Als de locaties van deze gateways bekend zijn kan via trigonometrie en de gemeten RSSI waardes berekend worden waar de voorwerpen zich bevinden, wat dan gelinkt kan worden aan een locatie. Dit is vrij precies en schaalt goed, maar nadelen is wel dat de locaties volledig gespecificeerd en bijgehouden moeten worden want er kan niet enkel op data van de gateways worden afgegaan om de locatie te bepalen aangezien de gateways en de locaties niks meer met elkaar te maken hebben.



4.2.2 Dynamisch

1 beacon per locatie, midden van kamer

1 beacon per locatie, aan deur

< 1 beacon per locatie

> 1 beacon per locatie

beacons op intervallen in de gang

5. Conclusie

Curabitur nunc magna, posuere eget, venenatis eu, vehicula ac, velit. Aenean ornare, massa a accumsan pulvinar, quam lorem laoreet purus, eu sodales magna risus molestie lorem. Nunc erat velit, hendrerit quis, malesuada ut, aliquam vitae, wisi. Sed posuere. Suspendisse ipsum arcu, scelerisque nec, aliquam eu, molestie tincidunt, justo. Phasellus iaculis. Sed posuere lorem non ipsum. Pellentesque dapibus. Suspendisse quam libero, laoreet a, tincidunt eget, consequat at, est. Nullam ut lectus non enim consequat facilisis. Mauris leo. Quisque pede ligula, auctor vel, pellentesque vel, posuere id, turpis. Cras ipsum sem, cursus et, facilisis ut, tempus euismod, quam. Suspendisse tristique dolor eu orci. Mauris mattis. Aenean semper. Vivamus tortor magna, facilisis id, varius mattis, hendrerit in, justo. Integer purus.

Vivamus adipiscing. Curabitur imperdiet tempus turpis. Vivamus sapien dolor, congue venenatis, euismod eget, porta rhoncus, magna. Proin condimentum pretium enim. Fusce fringilla, libero et venenatis facilisis, eros enim cursus arcu, vitae facilisis odio augue vitae orci. Aliquam varius nibh ut odio. Sed condimentum condimentum nunc. Pellentesque eget massa. Pellentesque quis mauris. Donec ut ligula ac pede pulvinar lobortis. Pellentesque euismod. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent elit. Ut laoreet ornare est. Phasellus gravida vulputate nulla. Donec sit amet arcu ut sem tempor malesuada. Praesent hendrerit augue in urna. Proin enim ante, ornare vel, consequat ut, blandit in, justo. Donec felis elit, dignissim sed, sagittis ut, ullamcorper a, nulla. Aenean pharetra vulputate odio.

Quisque enim. Proin velit neque, tristique eu, eleifend eget, vestibulum nec, lacus. Vivamus odio. Duis odio urna, vehicula in, elementum aliquam, aliquet laoreet, tellus. Sed velit. Sed vel mi ac elit aliquet interdum. Etiam sapien neque, convallis et, aliquet vel, auctor non, arcu. Aliquam suscipit aliquam lectus. Proin tincidunt magna sed wisi. Integer blandit

lacus ut lorem. Sed luctus justo sed enim.

Morbi malesuada hendrerit dui. Nunc mauris leo, dapibus sit amet, vestibulum et, commodo id, est. Pellentesque purus. Pellentesque tristique, nunc ac pulvinar adipiscing, justo eros consequat lectus, sit amet posuere lectus neque vel augue. Cras consectetur libero ac eros. Ut eget massa. Fusce sit amet enim eleifend sem dictum auctor. In eget risus luctus wisi convallis pulvinar. Vivamus sapien risus, tempor in, viverra in, aliquet pellentesque, eros. Aliquam euismod libero a sem.

Nunc velit augue, scelerisque dignissim, lobortis et, aliquam in, risus. In eu eros. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Curabitur vulputate elit viverra augue. Mauris fringilla, tortor sit amet malesuada mollis, sapien mi dapibus odio, ac imperdiet ligula enim eget nisl. Quisque vitae pede a pede aliquet suscipit. Phasellus tellus pede, viverra vestibulum, gravida id, laoreet in, justo. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Integer commodo luctus lectus. Mauris justo. Duis varius eros. Sed quam. Cras lacus eros, rutrum eget, varius quis, convallis iaculis, velit. Mauris imperdiet, metus at tristique venenatis, purus neque pellentesque mauris, a ultrices elit lacus nec tortor. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent malesuada. Nam lacus lectus, auctor sit amet, malesuada vel, elementum eget, metus. Duis neque pede, facilisis eget, egestas elementum, nonummy id, neque.

A. Onderzoeksvoorstel

Het onderwerp van deze bachelorproef is gebaseerd op een onderzoeksvoorstel dat vooraf werd beoordeeld door de promotor. Dat voorstel is opgenomen in deze bijlage.

B. Bibliografie

Bibliografie

- Amster, S. (2021). RFID (radio frequency identification). *IoTAgenda*. <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/RFID-radio-frequency-identification#:~:text=The%20RFID%20reader%20is%20a,in%20the%20RFID%20tag%20itself>.
- atlasrfidstore. (2022a). What are RFID Tags? | UHF Tags Explained. https://www.atlasrfidstore.com/what-are-uhf-rfid-tags/?utm_source=RFID-Beginners-Guide&utm_medium=eBook&utm_campaign=Content&utm_content=tag-guide#introduction
- atlasrfidstore. (2022b). What is RFID? | The Beginner's Guide to How RFID Systems Work. <https://www.atlasrfidstore.com/rfid-beginners-guide/>
- Doll, R., & Hill, A. B. (1954). The mortality of doctors in relation to their smoking habits: a preliminary report. *British Medical Journal*, 328(7455), 1529–1533.