

2017 • 2018
Faculteit Industriële ingenieurswetenschappen
master in de industriële wetenschappen: elektronica-ICT

Masterthesis

Intelligent en flexibel traceersysteem

PROMOTOR :
Prof. dr. ir. Bart VANRUMSTE

PROMOTOR :
Dhr. Bart MAES

Pieter-Jan Raets
Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: elektronica-ICT

De transnationale Universiteit Limburg is een uniek samenwerkingsverband van twee universiteiten in twee landen: de Universiteit Hasselt en Maastricht University.



Universiteit Hasselt | Campus Diepenbeek | Agoralaan Gebouw D | BE-3590 Diepenbeek
Universiteit Hasselt | Campus Hasselt | Martelarenlaan 42 | BE-3500 Hasselt



2017 • 2018

Faculteit Industriële ingenieurswetenschappen
master in de industriële wetenschappen: elektronica-ICT

Masterthesis

Intelligent en flexibel traceersysteem

PROMOTOR :

Prof. dr. ir. Bart VANRUMSTE

PROMOTOR :

Dhr. Bart MAES

Pieter-Jan Raets

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: elektronica-ICT



KU LEUVEN

Woord vooraf

Tijdens mijn masterproef in Het psychiatrisch ziekenhuis Asster heb ik gewerkt aan het ontwerpen van een traceersysteem voor voedselcontainers. Hierbij is gekeken naar de nodige hardware en software. Het onderzoeken van de huidige infrastructuur en regelgeving kwam ook aan bod. In dit onderzoek ben ik ondersteund door een aantal medewerkers van Asster. Bij deze personen kon ik steeds terecht bij vragen over de werking van de Asster infrastructuur.

Deze masterproef heeft mij een beter inzicht gegeven over hoe een bedrijf intern werkt. Dit heeft mij ook laten inzien hoe belangrijk een goede planning en een vlotte communicatie is.

Ik zou graag de volgende mensen die betrokken waren met mijn masterproef bedanken. Als eerste wil ik mijn externe promotor Bart Maes bedanken voor zijn begeleiding en steun binnen het project. Ten tweede wil ik Peter Vandenreyt en Luc Kil bedanken, beiden hebben ze bijdragen geleverd over de Asster regelgeving en infrastructuur. Als derde wil ik ook mijn interne promotor dr. ir. Bart Vanrumste bedanken voor zijn steun en inzicht.

Tot slot wil ik mijn familie bedanken voor hun steun.

Inhoud

Woord vooraf	1
Lijst van Tabellen	5
Lijst van figuren	7
Verklarende woordenlijst	9
Abstract	11
Abstract - engels.....	13
1. Inleiding	15
1.1. Situering	15
1.2. Probleemstelling.....	15
1.3. Doelstellingen.....	15
2. Literatuur.....	17
2.1. Assetmanagement.....	17
2.1.1. Wat is assetmanagement	17
2.1.2. Waarom assetmanagement	17
2.1.3. Binnen dit project	17
2.2. Huidige infrastructuur	18
2.3. Programmeer platform	18
2.3.1. Omega2+.....	19
2.3.2. ESP8266	19
2.4. Traceer mogelijkheden.....	20
2.4.1. Wifi-tracking	20
2.4.2. Gps-tracking.....	21
2.4.3. LoRa	22
2.4.4. Bestaande gps-tracking systemen	23
2.5. Connectiviteit	24
2.6. Communicatieprotocol.....	24
2.6.1. HTTP.....	24
2.6.2. MQTT	25
2.7. CE-markering	26
2.7.1. EMC Richtlijn.....	26
2.7.2. WEEE Richtlijn.....	26
2.7.3. RoHS.....	26
3. Materiaal en methode	27

3.1.	Inleiding	27
3.1.1.	Huidig traceersysteem	28
3.1.2.	Voorstel nieuw systeem	33
3.2.	Hardware	35
3.2.1.	Programmeer platform.....	35
3.2.2.	Connectiviteit.....	35
3.2.3.	gps-tracking	37
3.2.4.	Batterijlader	37
3.2.5.	DC/DC step up converter.....	38
3.3.	Software	41
3.3.1.	Arduino IDE.....	41
3.3.2.	Userinterface	41
3.3.3.	MQTT	42
4.	Resultaten	43
4.1.	Werking hardware.....	43
4.1.1.	Blokschema	43
4.1.2.	Eagle schema	44
4.1.3.	Beschrijving.....	45
4.2.	Werking software	45
4.2.1.	Eerste prototype.....	46
4.2.2.	Laatste prototype	48
4.2.3.	Communicatie met de database	51
4.2.4.	Userinterface	52
4.3.	Uiteindelijk systeem	55
4.4.	Energieverbruik	57
4.4.1.	IEFT-systeem.....	58
4.4.2.	Individuele componenten.....	62
4.5.	gps-metingen.....	64
4.5.1.	Inleiding	64
4.5.2.	Stilstaand	64
4.5.3.	Traject 1: Woon-werkverkeer.....	65
4.5.4.	Traject 2: Voedselcontainer.....	70
4.6.	CE- markering	78
5.	Conclusie	79

Literatuurlijst	81
-----------------------	----

Lijst van Tabellen

Tabel 1: Test 1 afstandsmeting	65
Tabel 2: Test 2 afstandsmeting	68
Tabel 3: Test 1 Voedselcontainer coördinaten	71
Tabel 4: Test 2 Voedselcontainer coördinaten	73
Tabel 5: Test 3 Voedselcontainer coördinaten	75

Lijst van figuren

Figuur 1: Omega2+	19
Figuur 2: ESP8266 SoC	19
Figuur 3: Werking gps	21
Figuur 4: LoRa Systeem	22
Figuur 5: LoRa opbouw	22
Figuur 6: Vergelijking bestaande producten	23
Figuur 7: http bericht verloop	24
Figuur 8: MQTT bericht verloop	25
Figuur 9: Initialisatie tag manager.....	28
Figuur 10: Indeling zones Aeroscout.....	29
Figuur 11: Aeroscout tag en server communicatie	30
Figuur 12: Aeroscout server en Netrix server communicatie	30
Figuur 13: Netrix server en ASCOM alert server communicatie	31
Figuur 14: ASCOM alert server en DECT-telefoon communicatie	31
Figuur 15: Overzicht huidig traceersysteem	32
Figuur 16: Actueel overzicht huidig traceersysteem.....	33
Figuur 17: IEFT-systeem alert.....	34
Figuur 18: IEFT-systeem communicatie met database	34
Figuur 19: Wemos D1 mini & Sparkfun ESP8266 Thing dev	35
Figuur 20: SIM800L functie diagram	36
Figuur 21: SIM800L break-out	36
Figuur 22: MT3339 blok diagram	37
Figuur 23: MCP73833 typische applicatie	38
Figuur 24: MCP73833 break-out	38
Figuur 25: 5V step up converter	38
Figuur 26: DC/DC step up converter werking	39
Figuur 27: Karakteristieken ME2108A	40
Figuur 28: Google maps javascript API-loads.....	42
Figuur 29: Hardware blokschema	43
Figuur 30: Eagle schema IEFT-toestel.....	44
Figuur 31: Flowchart eerste prototype	46
Figuur 32: Flowchart Laatste prototype.....	48
Figuur 33: code snippet afstand bepalen.....	49
Figuur 34: code snippet sms en AT	49
Figuur 35: code snippet sms verzonden of niet	50
Figuur 36: code snippet gegevens publiceren over wifi	50
Figuur 37: code snippet gegevens publiceren over het gsm-netwerk.....	50
Figuur 38: code snippet Gegevens opslaan.....	51
Figuur 39: Tekstfile lay-out.....	52
Figuur 40: Database lay-out	52
Figuur 41: Userinterface.....	52
Figuur 42: code snippet Haversine formule	53
Figuur 43: Overzicht route woonplaats - uhasselt - Asster	54

Figuur 44: userinterface mouse-over marker	54
Figuur 45: Overzicht uiteindelijk systeem	55
Figuur 46: Uiteindelijk systeem (foto).....	56
Figuur 47: meetopstelling prototype	57
Figuur 48: Stroomconsumptie volledig systeem (wifi).....	58
Figuur 49: Stroomconsumptie overzicht wifi	59
Figuur 50: Stroomconsumptie volledig systeem (wifi-verbeterd)	60
Figuur 51: Stroomconsumptie volledig systeem (gsm-netwerk)	61
Figuur 52: Stroomconsumptie volledig systeem (gsm-netwerk) met sms bericht.....	61
Figuur 53: Stroomconsumptie ESP8266 5V en batterij.....	62
Figuur 54: Stroomconsumptie gsp-module 5V en batterij	63
Figuur 55: Stroomconsumptie gsm-module 5V en batterij	63
Figuur 56: verdeling van afwijking t.o.v. de echte locatie	65
Figuur 57: Test 1 woon-werkverkeer route	66
Figuur 58: Test 1 woon-werkverkeer route	67
Figuur 59: Test 1 woon-werkverkeer route overzicht.....	68
Figuur 60: Test 2 woon-werkverkeer overzicht	69
Figuur 61: Voedselcontainer met IEFT-toestel.....	70
Figuur 62: Test 1 voedselcontainer route overzicht	71
Figuur 63: Test 1 voedselcontainer startpunt	72
Figuur 64: Test 1 voedselcontainer bestemming	72
Figuur 65: Test 2 voedselcontainer route overzicht	73
Figuur 66: Test 2 voedselcontainer startpunt	74
Figuur 67: Test 2 voedselcontainer bestemming	74
Figuur 68: Test 3 voedselcontainer route overzicht	76
Figuur 69: Test 2 voedselcontainer startpunt	76
Figuur 70: Test 3 voedselcontainer bestemming	77
Figuur 71: Stappen voor het behalen van een CE-label	78

Verklarende woordenlijst

AP: Access point

DECT: Digital Enhanced Cordless Telecommunications is een standaard voor digitale draadloze telefoontoestellen.

Geolocatie: Het bepalen van een geografische locatie.

GPRS: General Packet Radio Service is de mobiele data op en 2G en 3G netwerk

IEFT: Intelligent en flexibel traceersysteem

IoT: Internet of things zijn fysieke toestellen die verbinding maken met het internet

SoC: System on Chip

Abstract

Het psychiatrisch ziekenhuis Asster, gelegen te Sint-Truiden is een onderdeel van de VZW Asster. Asster voorziet een zeer uitgebreid zorgaanbod en biedt gespecialiseerde zorg op maat van iedere patiënt. Het doel van deze masterproef is vooral het bieden van ondersteuning aan het personeel door middel van een levenskwaliteit verhogend toestel en de managementafdeling toegang te geven tot extra informatie. [1] [2]

Deze masterproef onderzoekt de haalbaarheid tot het ontwikkelen, bouwen en implementeren van een intern volgsysteem voor toestellen, dat compatibel is met de huidige infrastructuur. De te volgen toestellen binnen dit project zijn voedselcontainers. Deze containers zullen voorzien worden van een traceer toestel dat op vaste intervallen informatie zal doorgeven aan een server. Het onderzoek bestaat uit een aantal hoofdpunten. Welke hardware, software, gebruikersinterface zijn geschikt voor dit project en of het binnenshuis kan worden gebouwd. Ook zal er rekening gehouden worden met de interne richtlijnen, normen en infrastructuur van Asster.

Het traceren is verwezenlijkt door gebruik te maken van een gps-module die op vaste intervallen zijn locatie zal doorspelen naar een server. Het toestel maakt gebruik van zowel het wifi-netwerk als van het gsm-netwerk om zijn data te uploaden. Bij aankomst zal het toestel ook de relevante afdeling op de hoogte stellen via een sms-bericht naar de telefooncentrale, deze zal vervolgens een melding geven aan de correcte interne DECT-telefoontoestellen.

Abstract - Engels

The psychiatric hospital Asster, located in Sint-Truiden is a part of the non-profit organization Asster. Asster provides an extensive range of care and offers specialized care tailored to each patient. The aim of this study is to offer support to the staff through a quality of life enhancing device. And provide the management departments with extra information about assets.

This study investigates the feasibility of developing, constructing and implementing an internal tracking system for devices that is compatible with the current infrastructure. The appliances to be followed within this project are food containers. These containers will be equipped with a tracking device that will pass on information to a server at fixed intervals. The research consists of a number of main points. Which hardware, software, user interface is suitable for this project and can be built inhouse. We will also take into account the internal guidelines, standards and infrastructure of Asster.

Tracking of the containers has been accomplished by using a GPS module that will relay its location to a server at fixed intervals. The device uses both Wi-Fi and the GSM networks to pass on its data. Upon arrival, the device will also notify the relevant department using an SMS message to the telephone exchange unit, which will then give a message to the correct internal DECT telephones.

1. Inleiding

1.1. Situering

“Het psychiatrisch ziekenhuis "Asster" telt 581, door de Vlaamse overheid erkende, bedden en is ontstaan uit een fusie van het PZ Sancta Maria en het PC Ziekeren. Het psychiatrisch verzorgingstehuis “De Passer” telt 120 bedden. Per jaar worden er 2000 opnames gerealiseerd” [1, p.1].

Wanneer men aan een psychiatrisch ziekenhuis denkt is zeker het eerste beeld niet dat van een uitgebreide IT-infrastructuur maar niets is minder waar. Op de achtergrond zit er vaak meer IT dan je denkt, bijvoorbeeld het traceren van wie welke medicijnen krijgt gebeurt via een softwarepakket.

1.2. Probleemstelling

Het traceren van uitgeleende materialen gebeurt momenteel op basis van een aantal interne afspraken; de persoon die een asset uitleent zal het uitschrijven in een document en bij het ontvangen zal deze het asset opnieuw inschrijven. Dit gebeurt niet automatisch en daarom heeft dit als nadeel dat, wanneer er een administratieve fout optreedt, er al snel assets niet meer vindbaar zijn.

Om dit verlies van assets te vermijden is het aan deze studie om verschillende technologieën te onderzoeken. De meest economische methode zal vervolgens uitgewerkt worden tot een prototype dat de gebruiker toelaat om assets terug te vinden ongeacht van waar deze zich bevinden.

Deze technologie zal de gebruiker ook in staat stellen om niet enkel de huidige plaats van een asset te bepalen maar ook de plaatsen waar het asset zich in het verleden heeft bevonden. Dit zal hem de mogelijkheid geven om optimalisaties uit te voeren aan de afgelegde trajecten om zo op reistijd te besparen.

1.3. Doelstellingen

Het hoofddoel is het onderzoeken en ontwikkelen van een slim traceersysteem dat zelf de gebruiker kan verwittigen wanneer een asset zijn doel heeft bereikt en toelaat tot het optimaliseren van de afgelegde trajecten. Dit zal gedaan worden door een combinatie van hardware en software en dus wordt het hoofddoel nog verdeeld in meerdere stappen.

De eerste doelstelling is het opstellen van een exacte beschrijving van wat het systeem moet kunnen en in welke omstandigheden het operationeel moet blijven. Dit zal leiden tot een set van eisen aan welke de hardware en software moet voldoen.

Een tweede doelstelling is een literatuurstudie om meer inzicht te krijgen in reeds bestaande technologieën. Hieruit zullen een aantal technologieën gekozen worden die van toepassing zijn binnen de opgestelde eisen.

Het testen en optimaliseren van de gekozen hardware en deze dan combineren met de gekozen software is de derde doelstelling.

Een vierde doelstelling is het schrijven van de software die de gegevens van de hardware zal verwerken. Deze gegevens zullen vervolgens zichtbaar gemaakt worden in een gebruiksvriendelijke grafische interface.

De laatste doelstelling is het opstellen van een uitgebreide documentatie om het systeem te onderhouden. Ook zal er een handleiding worden voorzien die uitgebreid de werking van de grafische interface weergeeft.

2. Literatuur

2.1. Assetmanagement

2.1.1. Wat is assetmanagement

Assetmanagement is een verzamelnaam voor een systeem dat gebruikt wordt om de assets van een bedrijf op te volgen. Het gaat dan over zowel fysieke toestellen als over niet fysieke, zoals software of menselijke werkrachten. Ook de staat, verwachte levensduur en de waarde van de assets wordt hierin opgenomen. Assetmanagement verwijst ook naar een aantal richtlijnen die betrekking hebben tot het beter beheren van assets. [3]

2.1.2. Waarom assetmanagement

Door de toenemende concurrentiedruk is een goed assetmanagement systeem uiterst belangrijk. Een goede assetmanagement implementatie zorgt ervoor dat het bedrijf een goed zicht heeft op de huidige staat van de assets. Dit zorgt ervoor dat deze optimaal ingezet kunnen worden. Dit leidt dan weer tot een verlaging van de werkingskosten. [4]

2.1.3. Binnen dit project

Zoals aangegeven in het abstract zal binnen dit project de haalbaarheid van het ontwikkelen van een intern volgsysteem behandeld worden. Het draait hier specifiek over een fysiek toestel, een voedselcontainer, dat voorzien zal worden van een volgsysteem. Het IEFT-toestel moet voldoen aan een aantal eigenschappen. Meldingen van aankomst moeten automatisch gebeuren, een gebruiker moet dus niet zelf op de uitkijk staan om te weten wanneer een voedselcontainer op zijn afdeling arriveert. Ook zal het toestel van een watervaste behuizing voorzien worden. De locatie gegevens zullen worden opgeslagen in een database om ze dan intuïtief weer te geven in een *userinterface* zodat deze geraadpleegd kunnen worden.

Het automatisch op de hoogte brengen van de gebruiker heeft een werkdruk verlagend effect. Dit is namelijk een taak minder die handmatig zal gebeuren. Dit zal ook leiden tot een tijdsbesparing, een gebruiker kan nu de tijd die nodig was om te controleren of het toestel al aangekomen is anders gaan spenderen.

2.2. Huidige infrastructuur

De infrastructuur is besproken met Bart Maes, Luc Kil en Peter Vandenreyt. Hieruit is een lijst van kerntoestellen en systeemvereisten opgesteld. Bij het onderzoeken van de huidige infrastructuur is ook gebleken dat binnen Asster er geen gebruik mag gemaakt worden van niet CE gekeurde toestellen. Het behalen van een CE-certificaat is binnen dit project niet mogelijk dus het toestel zal in prototype fase blijven.

De lijst van de kern infrastructuur ziet er als volgt uit:

- MITEL-telefooncentrale,
- een Netrix server,
- een ALERT server,
- een Dell PowerEdge R620 rack server,
- de DECT-telefoontoestellen.

De systeemvereisten:

- De plaats kunnen bepalen van het toestel;
- De locatie opslaan in een database;
- Locatie-data intuïtief weergeven in een grafische omgeving door middel van omzetting van data naar een kaart;
- Gegevens, wanneer mogelijk, uploaden via wifi, anders via het gsm-netwerk;
- Bij de aankomst van het IEFT-toestel de relevante afdeling automatisch op de hoogte brengen;
- De behuizing moet waterdicht zijn of verwijderbaar zijn;
- Systeem moet oplaadbaar zijn en minstens 20 uur werken.

2.3. Programmeer platform

Hier is gezocht naar een platform dat een ruim aantal externe modules zoals gps- en gsm-modules ondersteunt. Ook de vormfactor, energieconsumptie samen met de communicatiemogelijkheden werden mee in rekening genomen.

2.3.1. Omega2+

Dit is een IoT-platform dat gebruik maakt van een zeer beperkte Linux versie, gebaseerd op Linux LEDE. Deze heeft een compacte vormfactor, ingebouwde wifi en Linux OS. Omdat het toestel gebruik maakt van Linux heeft het toegang tot een groot aantal programmeermogelijkheden. Dit toestel heeft ook de mogelijkheid tot het aansluiten van een aantal externe modules dankzij zijn 15 GPIO's, SPI, I2C, UART, PWM en I2S. Het toestel beschikt over 128MB RAM en 32MB geheugen wat voor binnen dit project ruim voldoende is. Er is ook een ingebouwde micro SD-kaartlezer wat de mogelijkheid geeft om grote hoeveelheden data lokaal op te slaan. [5]



Figuur 1: Omega2+ [5]

2.3.2. ESP8266

De ESP8266 is een microcontroller met ingebouwde wifi-functionaliteit. Deze beschikt over een lage energie footprint en ingebouwde slaapstand. Standaard maakt deze gebruik van AT-firmware. Deze stelt het toestel in staat om een aantal taken uit te voeren wanneer de bijhorende AT-opdracht gegeven wordt. Een voorbeeld is AT+GMR waarop de ESP8266 antwoordt met de huidige firmware versie. De ESP8266 beschikt over 17 GPIO pinnen waarvan 11 bruikbaar zijn de overige 6 worden gebruikt door het flash geheugen. [6] [7]



Figuur 2: ESP8266 SoC [8]

2.4. Traceer mogelijkheden

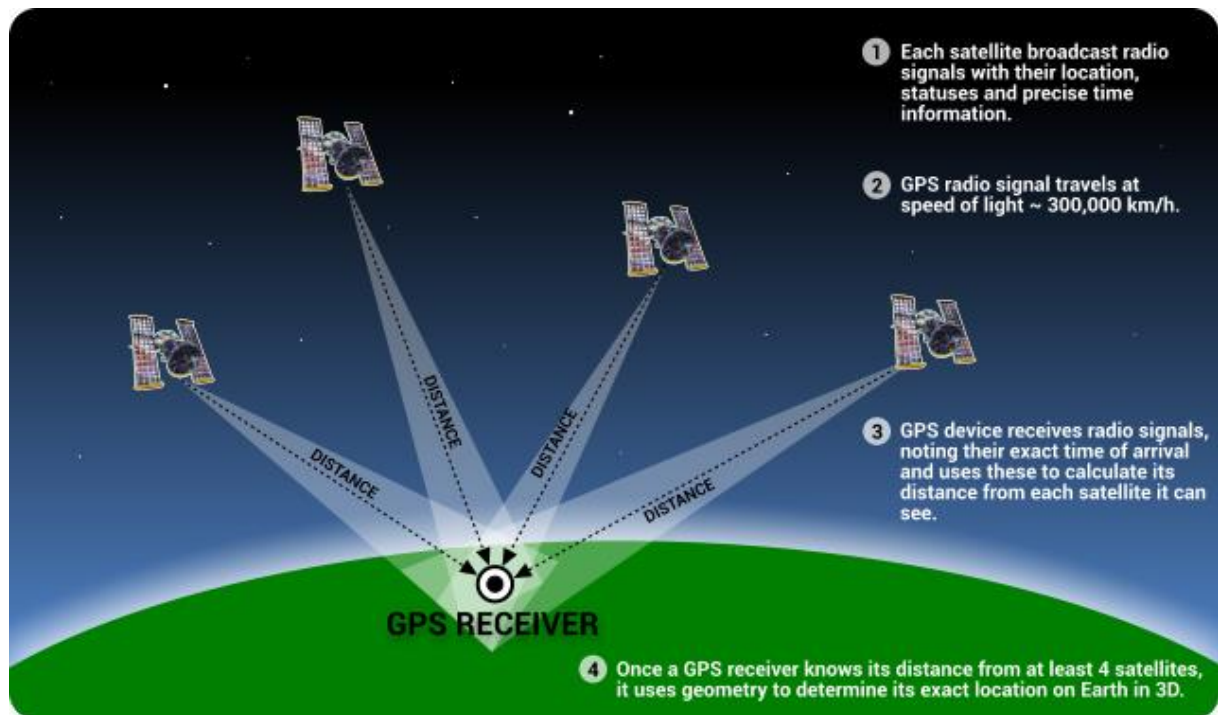
Het toestel moet in staat zijn tot het onderscheiden van op welke afdeling het zich bevindt. Deze afdelingen hebben een onderlinge afstand van ongeveer 50 meter. Ook buiten de campussen moet het mogelijk zijn om de locatie te bepalen. Het traceren moet ook buiten de campussen mogelijk zijn, omdat de toestellen tijdens het transport zich vaak buiten de campussen zullen bevinden.

2.4.1. Wifi-tracking

Asster heeft zelf een aantal opties overwogen in verband met het traceren van toestellen via wifi-signalen. Hun conclusie was dat deze niet haalbaar zijn door de kostprijs van de nodige infrastructuur. Het systeem dat binnen Asster in gebruik is bestaat uit een Aeroscout tag en een Aersoscout server die door middel van triangulatie de locatie van de tags bepaalt.

2.4.2. Gps-tracking

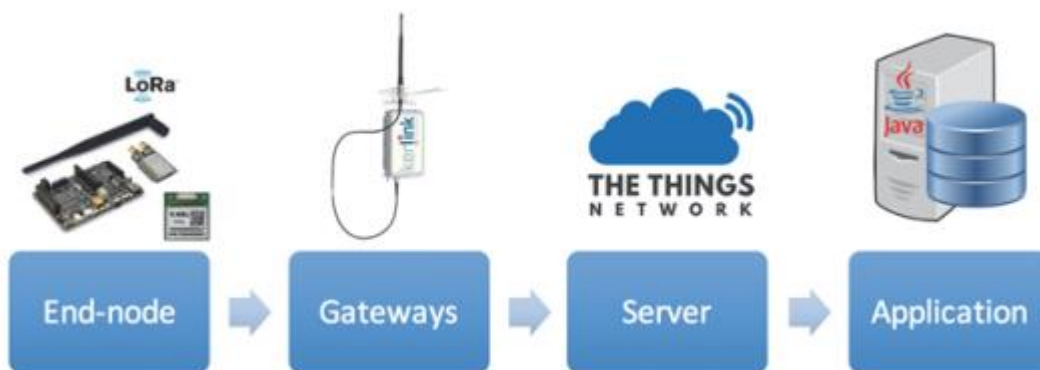
Het Global Positioning System is een netwerk dat bestaat uit 24 satellieten en een aantal stations die zich op de grond bevinden. Een gps-toestel maakt gebruik van een radiosignaal dat door elk van deze satellieten wordt uitgezonden. Dit signaal bevat informatie over de locatie en tijd van de satellieten. Vervolgens kan door middel van triangulatie de locatie bepaald worden. Deze zal een gemiddelde accuraatheid hebben van minder dan 10m. De accuraatheid is echter afhankelijk van het aantal zichtbare satellieten en of er geen reflecties, door bijvoorbeeld gebouwen, optreden die de reistijd beïnvloeden. Ook zal de kwaliteit van de antenne een rol spelen. [9] [10]



Figuur 3: Werking gps [9]

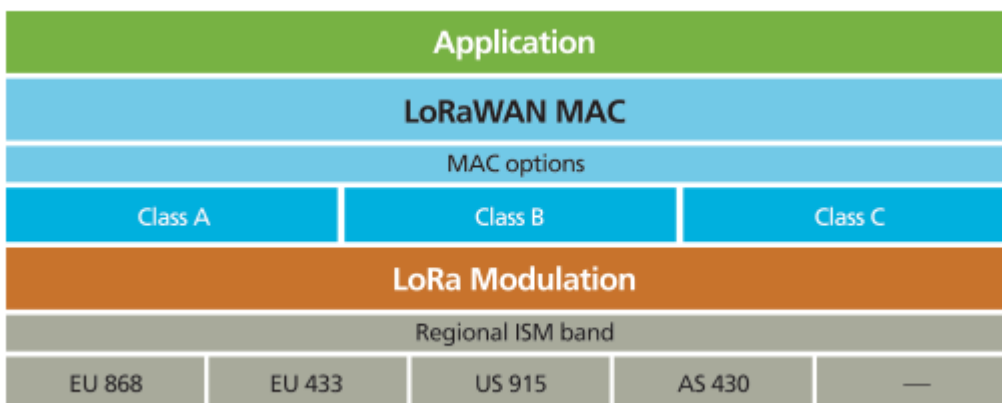
2.4.3. LoRa

LoRa is een door Semtech ontwikkelde technologie en voorziet de mogelijkheid tot het communiceren over zeer lange afstanden. Het maximaal bereik is 50 km en afhankelijk van het landschap kan dit terugvallen tot 5km. Als LoRa wordt vergeleken met Bluetooth en Wi-Fi, die respectievelijk een bereik hebben van 30m en 100m is er een duidelijke verbetering zichtbaar in communicatie bereik. Enkele belangrijke eigenschappen van dit systeem zijn een laag energieverbruik, het versleutelen van gegevens alvorens het verzenden, geolocatie zonder gps-module, communicatie over grote afstanden en lage infrastructuur prijs. Deze infrastructuur prijs is echter sterk afhankelijk van het gebruikte aantal *gateways*.



Figuur 4: LoRa Systeem [11]

LoRa is een fysieke technologie die gebruik maakt van frequentieband lager dan 1Ghz. Binnen Europa is de gebruikte frequentie 868 MHz. Deze maakt gebruik van modulatie techniek die afgeleid is van de Chirp Spread Spectrum modulation (CSS). LoRa maakt gebruik van spreading factor 7 tot 12 en heeft een variabel data-rate wat de ontwikkelaar de mogelijkheid geeft om communicatie bereik in te ruilen voor een hogere verzendsnelheid of om het energieverbruik te verlagen door het bereik te beperken. [12]



Figuur 5: LoRa opbouw [12]





Het is ook mogelijk om aan geolocatie te doen door enkel gebruik te maken van LoRa. Wanneer we de locatie van de gateways kennen en de reistijd van de signalen die deze gateways uitzenden dan kan de toestel locatie berekend worden. Naarmate het aantal gateways toeneemt zal ook de precisie van de berekende locatie toenemen. Sagemcom heeft een precisie van 4m behaald door gebruik te maken van 42 gateways in een hexagonale vorm. [11] [13]

Een studie uitgevoerd door de technical university of Denmark in 2017 heeft aangetoond dat het mogelijk is om een statisch toestel te traceren tot met een precisie van ongeveer 100 meter, maar dat het niet geschikt is voor *real-time* traceer applicaties. [11]

2.4.4. Bestaande gps-tracking systemen

De bestaande gps-tracking systemen werken voornamelijk met een service plan dat bij de toestellen hoort. Figuur 6 geeft een vergelijking weer tussen 4 mogelijke tracking systemen. Wat bij deze systemen opvalt is dat er altijd gebruik gemaakt wordt van een externe service om de gegevens op te slaan, de kostprijs van deze service is ook variabel en hangt van het aantal toestellen en het aantal locatie *requests* per dag af. [14]

Binnen dit project zijn de huidige commercieel beschikbare toepassingen niet voldoende. Deze hebben een te hoge kostprijs omdat er steeds een maandelijkse kost aan vast zit. Ook worden de gegevens door een derde opgeslagen wat als gevolg heeft dat beperkte controle is over deze gegevens.

	 Spark Nano 6.0 GPS Tracker GPS-SN6a \$79.99 \$129.95 ★★★★★ 261 reviews CHOOSE OPTIONS	 EON 3.0 GPS Tracker GPS-EON3a \$149.99 \$199.99 ★★★★★ 83 reviews CHOOSE OPTIONS	 Sat Track Micro GPS World Tracker SATTRACK-MICRO \$159.99 \$199.95 UNAVAILABLE	 Sat Track GPS World Tracker SATTRACK \$249.99 \$299.95 UNAVAILABLE
Dimensions	2.70" x 1.58" x 1.15"	5.67" x 2.28" x 1.76"	2.68" x 3.23" x 0.98"	3.23" x 6.5" x 1"
Power	Battery 7-10 days	Rechargeable Battery: Up to 90 days	Replaceable Batteries up to 365 Days	Replaceable Batteries up to 2.5 years
Transmission	Cellular USA Coverage	Cellular USA Coverage	Satellite Worldwide	Satellite Worldwide
Storage	Cloud Web Server	Cloud Web Server	Cloud Web Server	Cloud Web Server
Service	Plans from \$19.99 to \$29.99	Plans from \$19.99 to \$29.99	Starting from \$19.95	Starting from \$19.95
Special Feature	Smallest Tracker with over a week of power	Rugged weatherproof design with built-in magnets	Tracks & Reports Location Completely Via Satellite—No Cellular Service Required Designed for Worldwide Tracking in Rural Areas, Forests, Deserts or the Open Sea	Optimized for business, the Sat Track provides up to 2.5+ years of asset tracking. Ideal for Tracking in Rural Areas, Forests, Deserts or Open Waters

Figuur 6: Vergelijking bestaande producten [14]

2.5. Connectiviteit

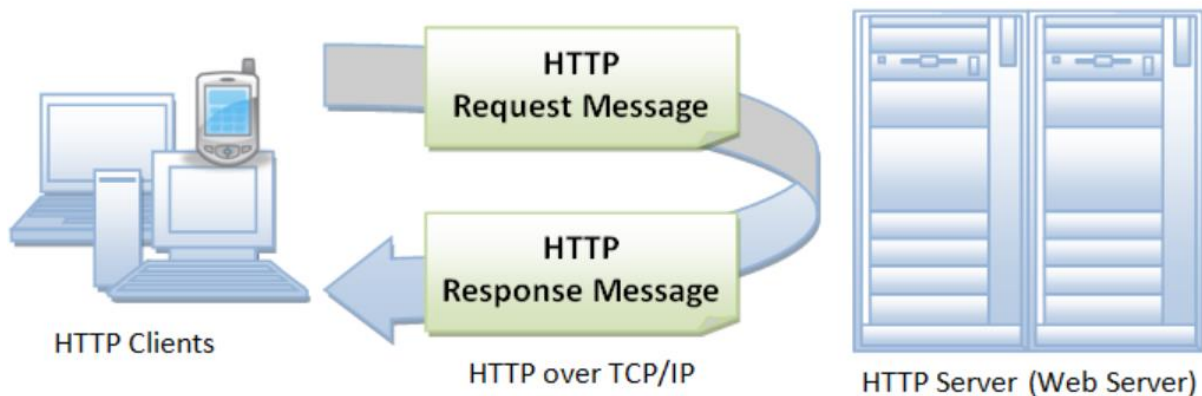
Een eerste optie was gebruik maken van het bestaande private wifi-netwerk. Dit bracht een aantal voordelen en nadelen met zich mee. Een voordeel was dat gegevens over wifi verzenden geen extra kost veroorzaakt, dus de hoeveelheid verzonden gegevens speelt dan een kleinere rol. Een nadeel was dan weer dat de nieuwe toestellen een beveiligingsrisico vormden door de introductie van een niet Windows gebaseerd toestel in een netwerk dat uitsluitend Windows toelaat. Na overleg is dan beslist dat gebruik van het private wifi-netwerk een te groot beveiligingsrisico vormt. Daarom is er gekozen om gebruik te maken van het publiek netwerk dat Asster voorziet.

Wanneer de IEFT-toestellen zich niet op één van de Asster campussen bevinden is gebruik maken van het Asster netwerk geen optie daarom is gekozen om als extra connectiviteit gebruik te maken van het gsm-netwerk. Deze functie heeft vooral zijn nut wanneer een toestel verloren gaat buiten de campus.

2.6. Communicatieprotocol

2.6.1. HTTP

HTTP staat voor HyperText Transfer Protocol. Dit protocol wordt veel gebruikt om webbrowsers met een server te laten communiceren in een client-server model. De cliënt vraagt de gewenste gegevens aan een server en deze zal ze vervolgens doorgeven. Het is een *stateless* protocol, dit betekent dat wanneer de opdracht voltooid is de connectie met de server beëindigd wordt. Er zijn 3 soorten *requests*: GET, POST en HEAD. GET en HEAD sturen beide een bericht naar de server waar de informatie in de url verwerkt zit. De server zal deze dan verwerken en wanneer nodig op antwoorden. Het verschil tussen beide zit in het antwoord, een GET request zal de volledige bron als antwoord krijgen en HEAD zal enkel de informatie in de headers weergeven. De berichten zijn ook *point-to-point* wat betekent dat wanneer meerdere toestellen informatie moeten ontvangen, deze individueel op de hoogte gebracht zullen worden. [15]



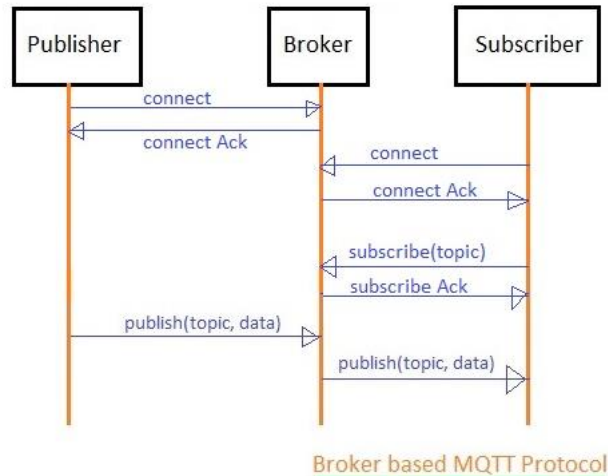
Figuur 7: http bericht verloop [15]

Het http-protocol is ook niet ontworpen om zuinig om te springen met bandbreedte. Enkel de header heeft een grootte van 200 bytes tot 2000 bytes. [16]

2.6.2. MQTT

MQTT staat voor “Message Queuing Telemetry Transport” en het is ontwikkeld in 1999 door Andy Stanford-Clark van IBM en Arlen Nipper die destijds deel uitmaakte van Eurotech. Het is een lichtgewicht communicatieprotocol ontwikkeld met het oog op zuinig omspringen met energie en bandbreedte. Het protocol communiceert op basis van *publishers* en *subscribers* en wordt ingezet in *machine-to-machine* of *IoT* omgevingen. Dit maakt het uitermate geschikt voor gebruik in mobiele applicaties waar energie beperkt is en bandbreedte een meerkost met zich meebrengt. De header die elk bericht bevat bestaat uit slechts 2 bytes wat bij beperkte bandbreedte een belangrijke rol speelt. [17]

MQTT maakt geen gebruik van adressen, de toestellen communiceren dus niet onderling met elkaar maar via een centrale verdeelservice, de broker. Deze neemt de verantwoordelijkheid op zich om de ontvangen berichten uit te delen aan de relevante toestellen. Een toestel publiceert een set gegevens naar een topic waarop de broker dit ontvangt en uitdeelt aan ieder toestel dat op dit topic geabonneerd is. Het publicerende toestel weet dus enkel waar de broker zich bevindt en weet niets over de geabonneerde toestellen.



Figuur 8: MQTT bericht verloop [18]

Een MQTT-sessie bestaat uit vier stappen: Verbinding maken, authentifieren, communiceren en tot slot de sessie beëindigen. De verbinding wordt gemaakt door middel van een TCP/IP-verbinding. De authenticatie kan worden gedaan door middel van een gebruikersnaam en een bijhorend wachtwoord maar deze is niet vereist. De volgende stap is het communiceren, in deze fase kan een cliënt telemetrie publiceren naar een topic, abonneren op een topic of deze net opheffen. [19]

2.7. CE-markering

Er is gekeken aan welke Europese normen de toepassing moet voldoen. Binnen Asster zelf zijn er ook enkele procedures die moeten gevolgd worden. Aan de hand van deze procedure zal worden bepaald of het haalbaar is om de toepassing binnenshuis te gebruiken en later een aantal extra prototypes te produceren om in dienst te nemen. De volgende toepassingsgebieden zijn van toepassing binnen dit project:

- EMC Richtlijn
- WEEE Richtlijn
- RoHS

2.7.1. EMC Richtlijn

“Deze richtlijn reglementeert de elektromagnetische compatibiliteit van uitrusting. Zij strekt ertoe de interne markt naar behoren te doen functioneren door te eisen dat uitrusting voldoet aan een passend niveau van elektromagnetische compatibiliteit. (Definities in artikel 2.)”. [20]

2.7.2. WEEE Richtlijn

“Bij deze richtlijn worden maatregelen vastgesteld ter bescherming van het milieu en de menselijke gezondheid door preventie of beperking van de negatieve gevolgen van de productie en het beheer van afgedankte elektrische en elektronische apparatuur (AEEA), ter beperking van de gevolgen in het algemeen van het gebruik van hulpbronnen en ter verbetering van de efficiëntie van het gebruik ervan, overeenkomstig de artikelen 1 en 4 van Richtlijn 2008/98/EG (richtlijn over afvalstoffen), waarmee wordt bijgedragen aan een duurzame ontwikkeling.”. [20]

2.7.3. RoHS

“Deze richtlijn voorziet in de voorschriften om het gebruik van gevaarlijke stoffen in elektrische en elektronische apparatuur (EEA) te beperken en zo bij te dragen tot de bescherming van de volksgezondheid en het milieu, met inbegrip van de milieu hygiënisch verantwoorde nuttige toepassing en verwijdering van afgedankte EEA.”. [20]

3. Materiaal en methode

3.1. Inleiding

Binnen het hardware gedeelte is vooral gekeken naar welke gsm-, wifi- en gps-modules kunnen worden gebruikt. Er werd ook gekeken of de bestaande infrastructuur kon benut worden om de doelstellingen te behalen zonder dat de kosten stijgen. Met de levensduur van de batterij is rekening gehouden.

Om de locatie van een asset te bepalen zal er gebruikt gemaakt worden van een gps-module. Het verzenden van deze gegevens zal wanneer het toestel zich binnen de campus bevindt gebeuren via het wifi-netwerk. Wanneer het toestel zich buiten bereik van deze netwerken bevindt zal er gebruik gemaakt worden van het gsm-netwerk. Het software gedeelte richt zich op het opslaan, verwerken en visueel weergeven van de gegevens.

3.1.1. Huidig traceersysteem

Werking huidig traceersysteem

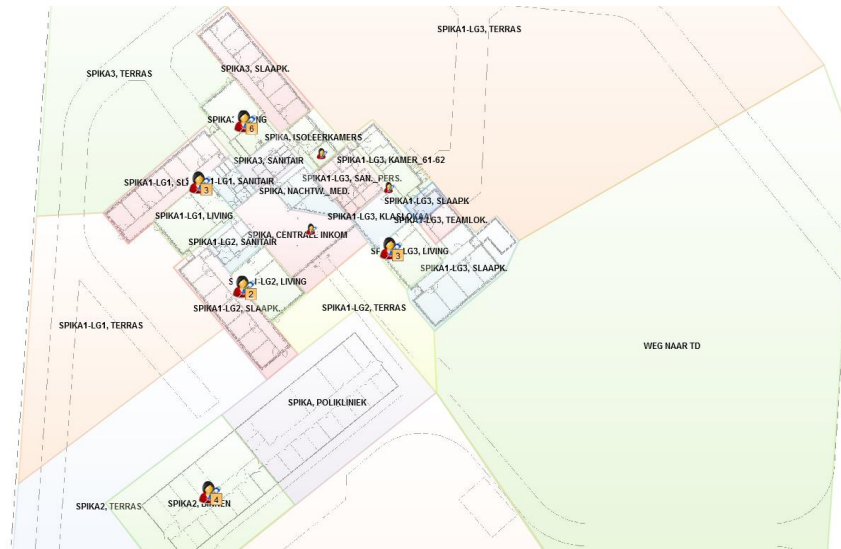
Het huidige traceersysteem bestaat uit 6 delen. De Aeroscout tags, een Aeroscout server, een Netrix server, een Ascom alertserver en de blades die de zenders van de DECT-telefoontoestellen aansturen. Ook zijn er nog een aantal ondersteunende onderdelen zoals switches die communicatie tussen de verschillende campussen mogelijk maakt.

Om de plaats van een tag te bepalen is er een eenmalige initialisatie van de tag manager software vereist. Hier moet een op correcte schaal een map getekend worden met daarop de locatie van iedere wifi-AP. Dit wordt weergegeven in figuur 9, het wifi-AP dat in het rood aangeduid staat was op tijdstip van het maken van de figuur inactief.



Figuur 9: Initialisatie tag manager

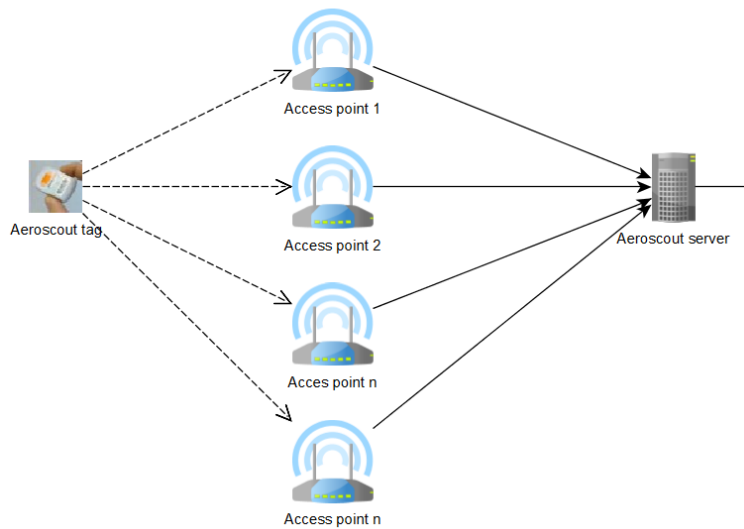
Een volgende stap is het maken van locaties binnen de Aeroscout software. Deze zal ervoor zorgen dat de locatie die berekend wordt ook kan worden gebruikt door deze te koppelen aan een fysieke locatie. Ieder gekleurd vlak in figuur 10 geeft een zelfgekozen locatie weer.



Figuur 10: Indeling zones Aeroscout

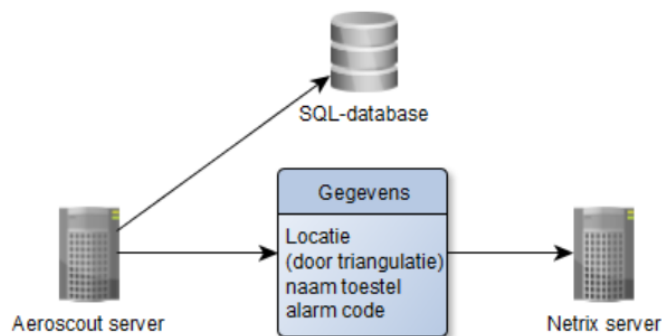
Er worden ook groepen aangemaakt van gebruikers om later te kunnen bepalen wie er op de hoogte moet gebracht worden bij noodalarmeren. Deze groepen hebben vooral als doel om onderscheid te kunnen maken tussen personeel op verschillende campussen.

Elke 10 seconden zal elke tag een signaal uitsturen dat gebruikt wordt om de locatie van de tag bij te houden, het opslaan van deze gegevens gebeurt op dezelfde manier als wanneer er een noodalarm wordt gegeven. Het verschil zit in wat de tag uitstuurt en hoe de server erop reageert. Wanneer het noodalarm van de Aeroscout tag wordt geactiveerd zal deze een signaal, met daarin de naam van de tag en de alarmcode, uitsturen dat door de Aeroscout server wordt ontvangen. De Aeroscout kijkt vervolgens welke wifi-AP het signaal het sterkst ontvangen hebben. De 3 AP's die het signaal het sterkst ontvangen hebben zullen gebruikt worden om de locatie te bepalen. De locatie van de access points zijn bekend en hieruit kan de oorsprong van het signaal bepaald worden door middel van triangulatie. De intelligentie van het systeem bevindt zich dus in de Aeroscout server.



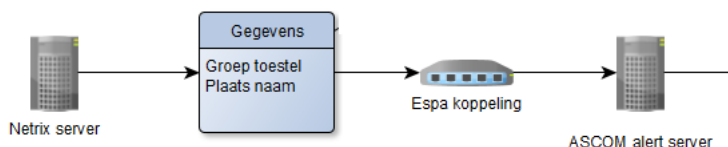
Figuur 11: Aeroscout tag en server communicatie

Nadat de Aeroscout server de locatie heeft berekend zal deze informatie verzonden worden naar de Netrix server. Deze server leest en verwerkt de inhoud van het ontvangen bericht. De server vertaalt de inhoud van het bericht van de Aeroscout server in een plaatsnaam en aan de hand van de plaats zal er beslist worden welke gebruikersgroepen op de hoogte moeten gebracht worden van het alarm.



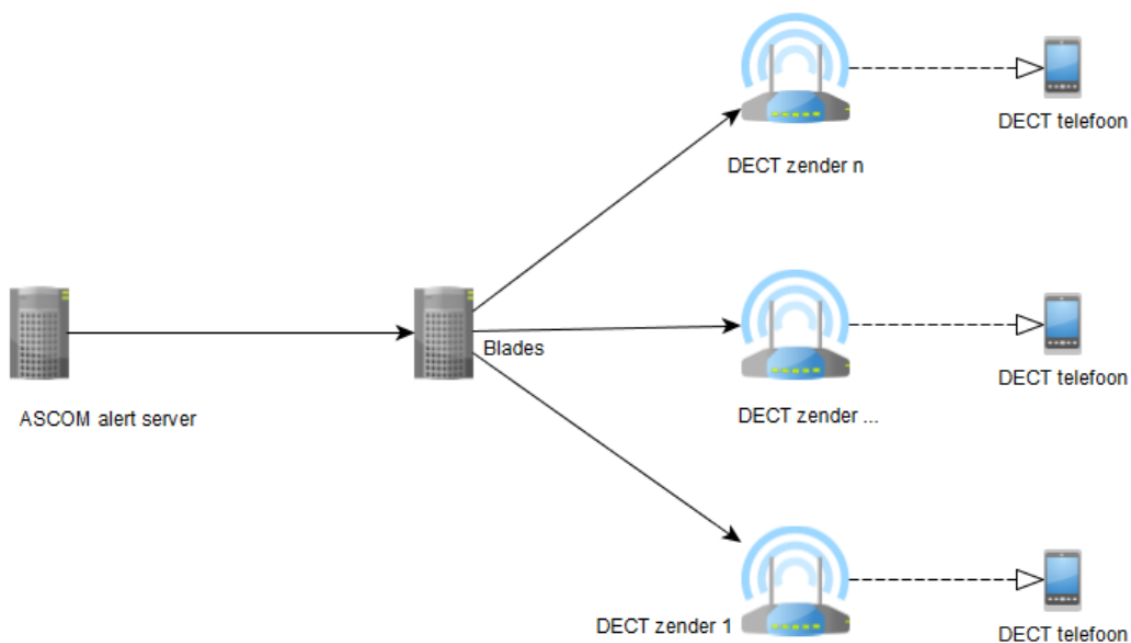
Figuur 12: Aeroscout server en Netrix server communicatie

Wanneer de Netrix server de gegevens verwerkt heeft en vervolgens bepaald heeft welke gebruikersgroepen op de hoogte moeten gebracht worden, dan zal deze dit doorsturen via een Espa koppeling naar de ASCOM alert server. De espa koppeling is een interface die de Netrix server toelaat te communiceren met de ASCOM alert server. De gegevens zullen in een SQL-database worden opgeslagen zodat deze later nog geraadpleegd kunnen worden.



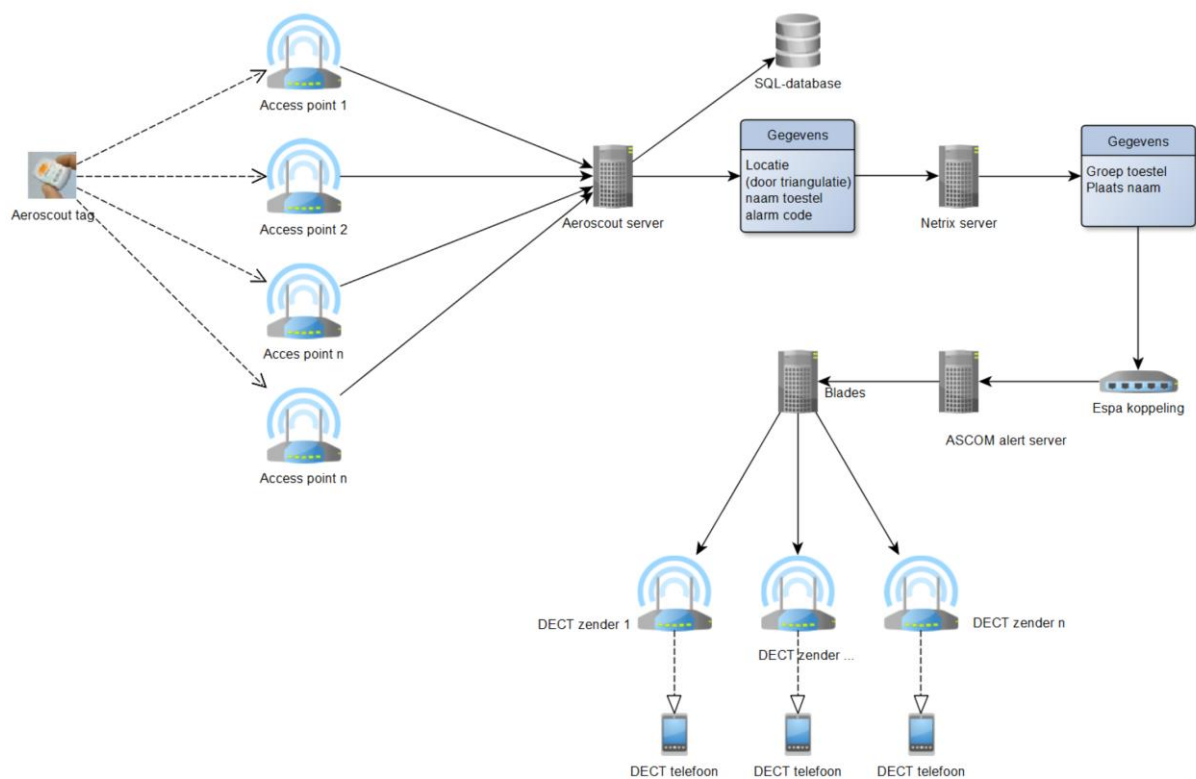
Figuur 13: Netrix server en ASCOM alert server communicatie

De laatste stap is wanneer de ASCOM alert server de Blades van het telefonie netwerk aanstuurt om de DECT-telefoontoestellen een melding te geven.

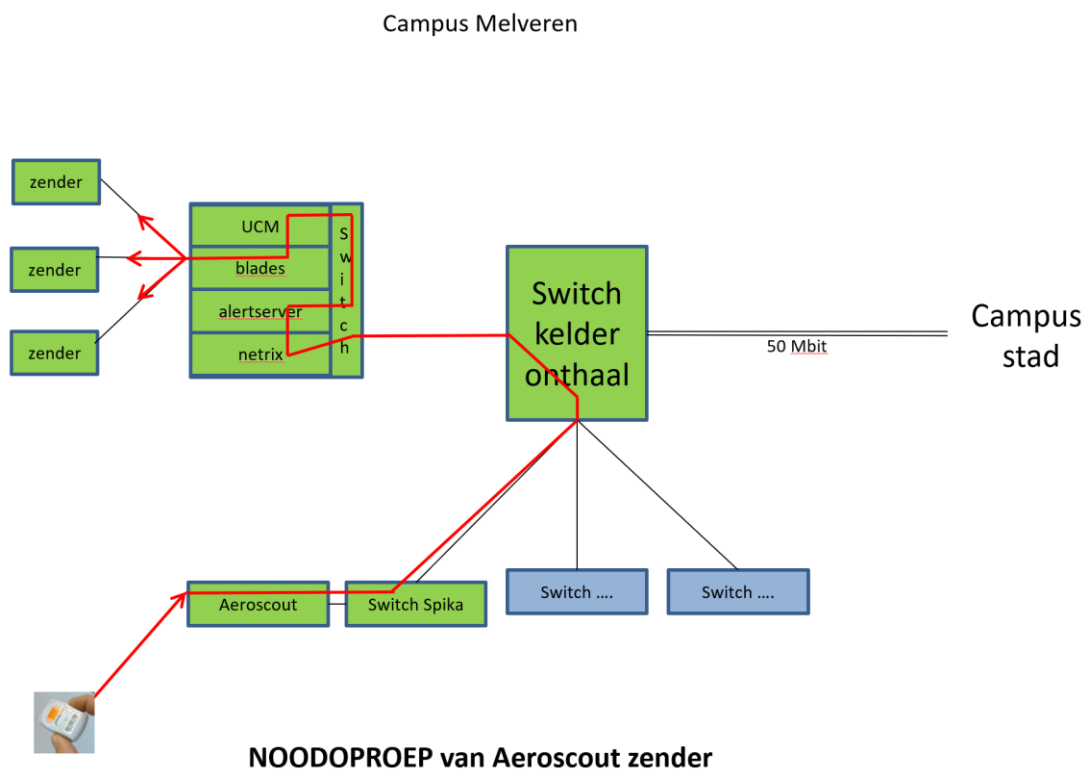


Figuur 14: ASCOM alert server en DECT telefoon communicatie

Overzicht huidig traceersysteem



Figuur 15: Overzicht huidig traceersysteem

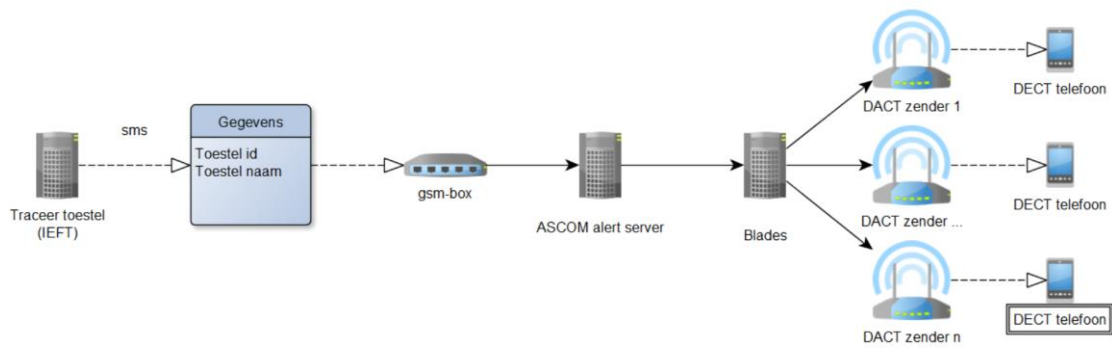


Figuur 16: Actueel overzicht huidig traceersysteem

3.1.2. Voorstel nieuw systeem

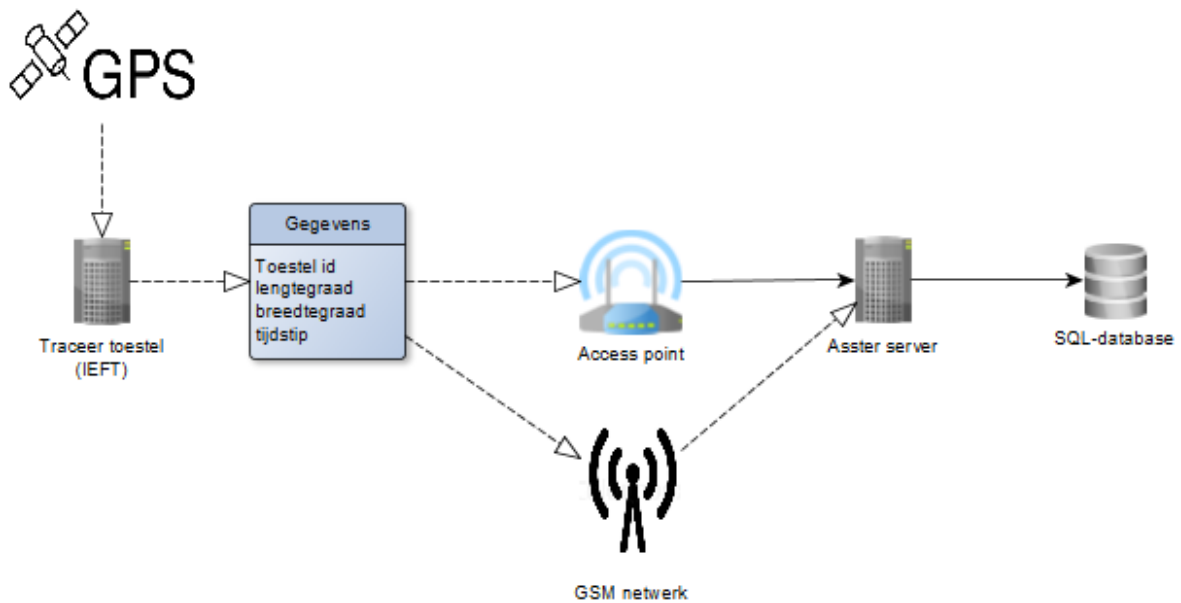
Het nieuw systeem zal geen gebruik maken van wifi-tracking, de infrastructuur is niet in elk gebouw aanwezig en tijd en kost om deze te plaatsen is voor de toepassing binnen dit project niet haalbaar. Er worden dus een aantal stappen in het bestaand systeem vermeden omdat deze niet langer vereist zijn. Het IEFT-toestel zal geen gebruik maken van de Aeroscout server omdat de intelligentie in het toestel zelf aanwezig is en er geen gebruik gemaakt wordt van het wifi-netwerk om het toestel te traceren. De Netrix server zal ook niet gebruikt worden omdat de functionaliteit van deze ook kan worden uitgevoerd door de ASCOM alert server. Het praktische verschil hiertussen is dat de Netrix server volledig door eigen personeel geprogrammeerd wordt en de ASCOM door een extern bedrijf.

Wanneer het prototype traceertoestel zijn locatie bereikt heeft zal er een sms bericht verzonden worden naar de ASCOM alert server. Deze zal de inhoud van het bericht verwerken en de nodige afdelingen op de hoogte stellen van waar het toestel zich bevindt. De sms zal enkel verzonden worden wanneer het toestel de gewenste locatie bereikt heeft. Daarom bevat de sms enkel een naam en id aangezien de locatie reeds gekend is. De reden dat dit via een sms verzonden wordt is omdat de ASCOM alert server zich in het intern netwerk bevindt en het IEFT bevindt zich op het gast netwerk. De sms is ook één richtingsverkeer en brengt dus minder veiligheidsrisico's met zich mee.



Figuur 17: IEFT-systeem alert

Het opslaan van de locatie zal gebeuren via een andere weg dan het alarmsignaal. Het IEFT-toestel zal de locatie gegevens via het wifi-netwerk of het gsm-netwerk op de database plaatsen. Deze Asster server is een Virtual-machine die zich in het gastnetwerk bevindt en enkel toegankelijk is via een set van IP-adressen die niet vrij worden uitgedeeld.



Figuur 18: IEFT-systeem communicatie met database

3.2. Hardware

3.2.1. Programmeer platform

Initieel was er gekozen om gebruik te maken van de Omega2+. De initiële specificaties en testen waren zeer positief. De 128MB RAM was ruim voldoende om gebruik te kunnen maken van python scripts. Wanneer er naar energieconsumptie werd gekeken hebben tests echter uitgewezen dat de *shutdown* en *stand-by* functies nog niet geïmplementeerd waren. Een gevolg hiervan is dat er maar een beperkte controle is over de energieconsumptie van het toestel. Maar de doorslag om dit toestel niet te gebruiken was de schade die het flash-geheugen kan oplopen bij het incorrect afsluiten van de Omega2+.

De ESP8266 is geselecteerd wegens zijn lage energie footprint, ingebouwde slaapstand en de populariteit wat ervoor zorgt dat de softwarebibliotheken goed onderhouden en up-to-date zijn. Binnen dit project wordt gebruik gemaakt van twee *break-out* uitvoeringen, de ESP8266 thing dev ontworpen door Sparkfun en de Wemos D1 mini ontworpen door Wemos electronics. Beiden maken gebruik van de ESP8266 wifi-SoC ontwikkeld door Espressif. Elk hebben ze ook een USB naar UART-chip om communicatie over usb te vergemakkelijken. Beiden modules hebben ook een ingebouwde wifi-antenne vervaardigd rechtstreeks op de print en deze bestaat uit koperen lijnen.

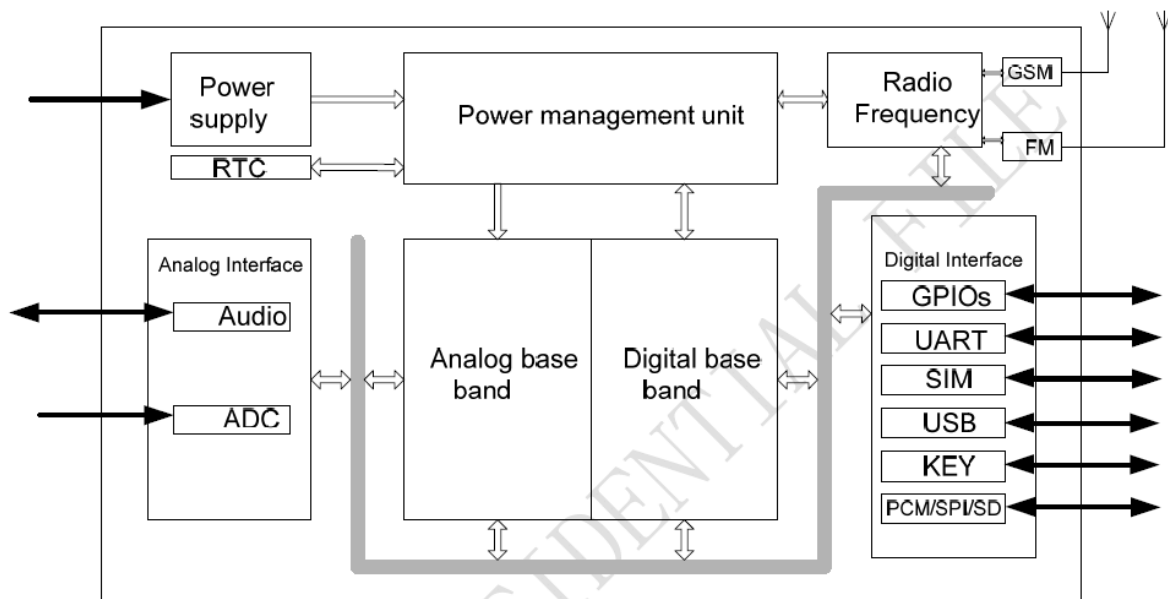


Figuur 19: Wemos D1 mini & Sparkfun ESP8266 Thing dev [21] [22]

3.2.2. Connectiviteit

De ESP8266 en Sparkfun ESP8266 Thing dev hebben beide ingebouwde wifi-functionaliteit. Daarom kunnen deze modules niet alleen het denkwerk op zich nemen maar ook een wifigedeelte van de connectiviteit.

Om de connectiviteit buiten de campus te voorzien is er gekozen voor de SIM800L. De SIM800L is een vier-band module die voorzien is van gsm en gprs-technologie. Net daarom is deze geselecteerd. De vier-band mogelijkheid zorgt ervoor dat deze module de vier grootste gsm-banden ondersteunt. De EGSM 900 en de DCS 1800 zijn de belangrijkste omdat deze binnen België gebruikt worden. Nog een belangrijke eigenschap van deze module is het lage energie verbruik 0.7mA in slaapstand. Ook de beperkte footprint, 15.8*17.8*2.4mm is niet onbelangrijk. [23]



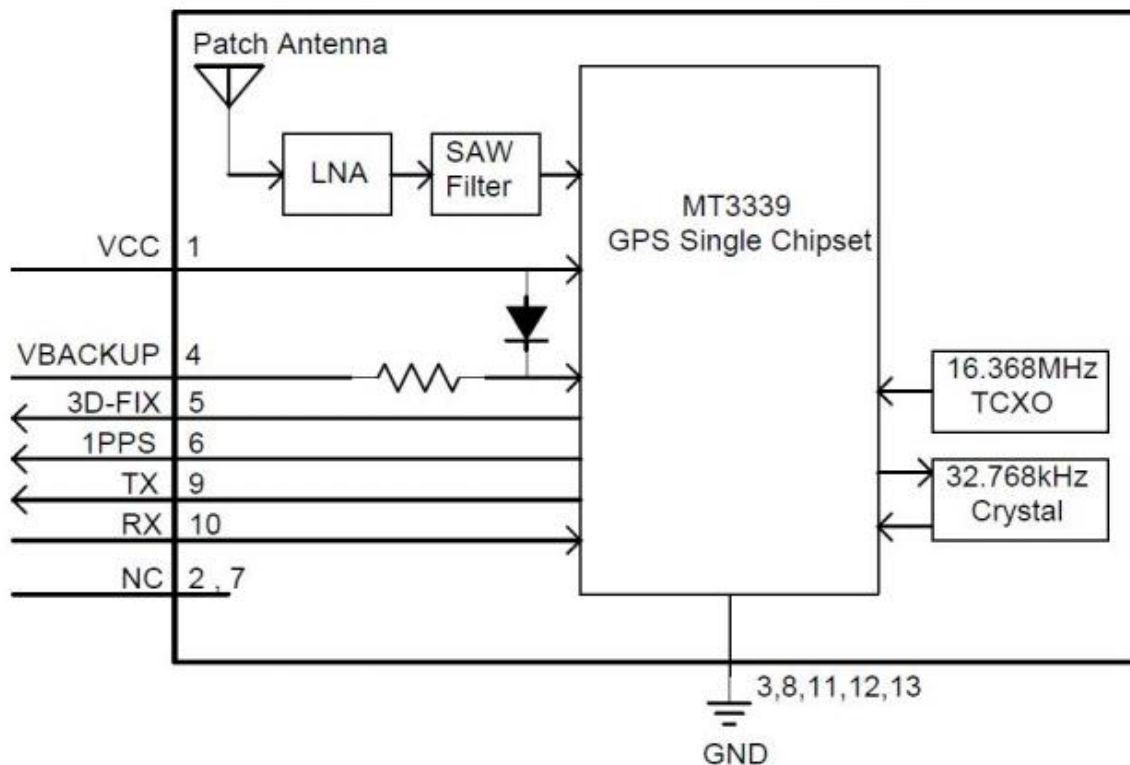
Figuur 20: SIM800L functie diagram [23]



Figuur 21: SIM800L break-out [24]

3.2.3. gps-tracking

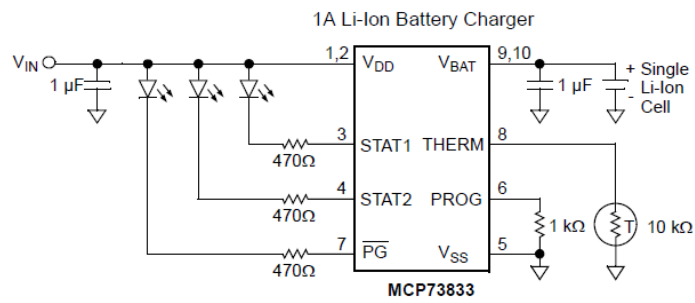
In overleg is er beslist om gebruik te maken van gps-tracking, de reden hiervoor was dat het toestel zich vaak buiten de campussen bevindt. De gekozen module is de Adafruit ultimate gps break-out en maakt gebruik van de mt3339 chip. Deze module geeft de locatie gegevens vrij in het NMEA formaat. Dit betekent dat de module door veel standaard bibliotheken ondersteund wordt. Deze heeft ook een ingebouwde real time klok die apart van stroom voorzien kan worden. Dus wanneer de module opstart zal deze zijn locatie veel sneller bepalen omdat het een warme restart kan uitvoeren. [25]



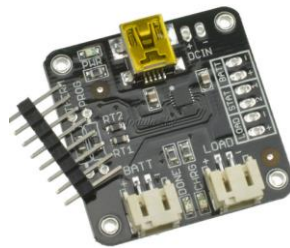
Figuur 22: MT3339 blok diagram [26]

3.2.4. Batterijlader

De MCP73833 is een lineaire laadmanager voor Li-Ion en Li-Polimeer batterijen. Er is voor deze chip gekozen omdat deze een kleine footprint heeft en maar enkele uitwendige componenten, dat maakt deze zeer geschikt voor gebruik in draagbare toestellen. Voor dit experiment zal gebruik gemaakt worden van een break-out module met geïntegreerde MCP73833 gebouwd door diyMore. Deze module heeft een programmeerbare laadstroom die een maximum heeft van 1A. Deze stroom wordt aangepast door middel van een weerstand tussen V_{SS} en PROG te plaatsen, respectievelijk pin 5 en 6 op figuur 23. Deze weerstand mag een waarde hebben van 1 k Ω tot 10 k Ω en dit geeft een laadstroom van 100mA tot 1A.



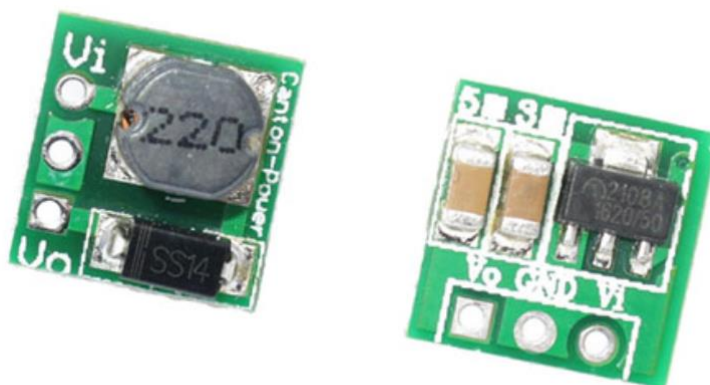
Figuur 23: MCP73833 typische applicatie [27, p. 2]



Figuur 24: MCP73833 break-out

3.2.5. DC/DC step up converter

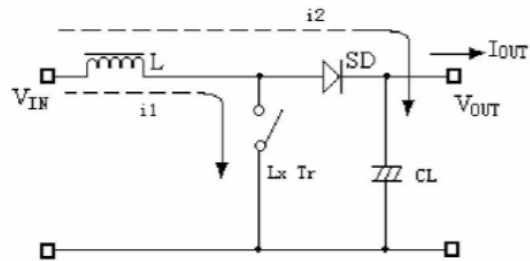
Om de spanning van de LiPo-batterij, deze blijft tussen 3.7v en 4.3v, om te vormen naar een bruikbare 5v spanning is er gebruik gemaakt van een DC/DC omvormer. De gekozen module is de ME2108A. Deze heeft een ingangsspanning van 1v tot 4.5v. Zolang de ingang minstens voorzien wordt van 3v zal de uitgang 400 mA leveren. [28]



Figuur 25: 5V step up converter [29]

Werking

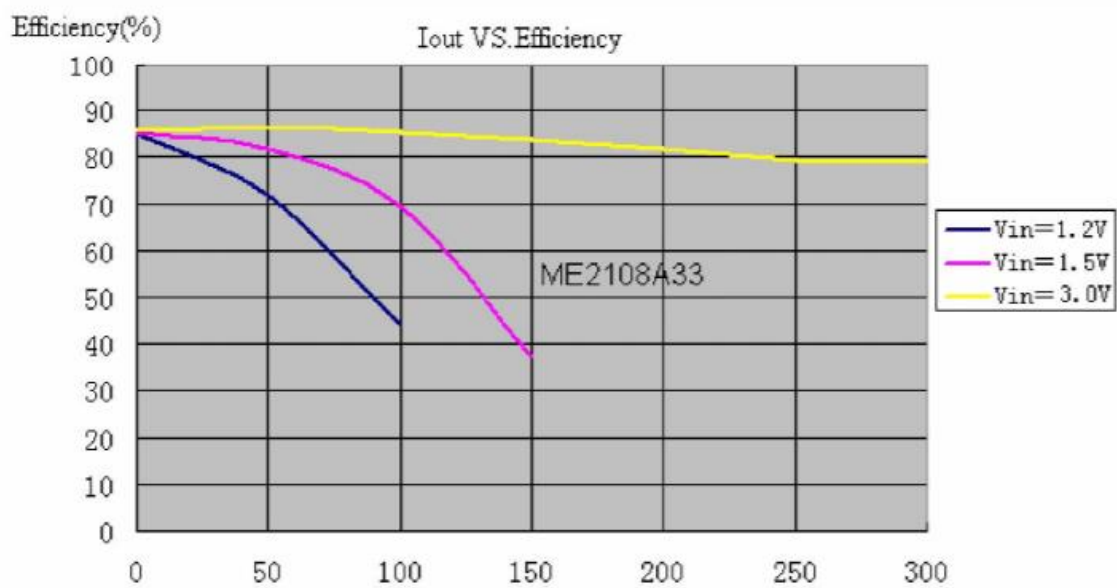
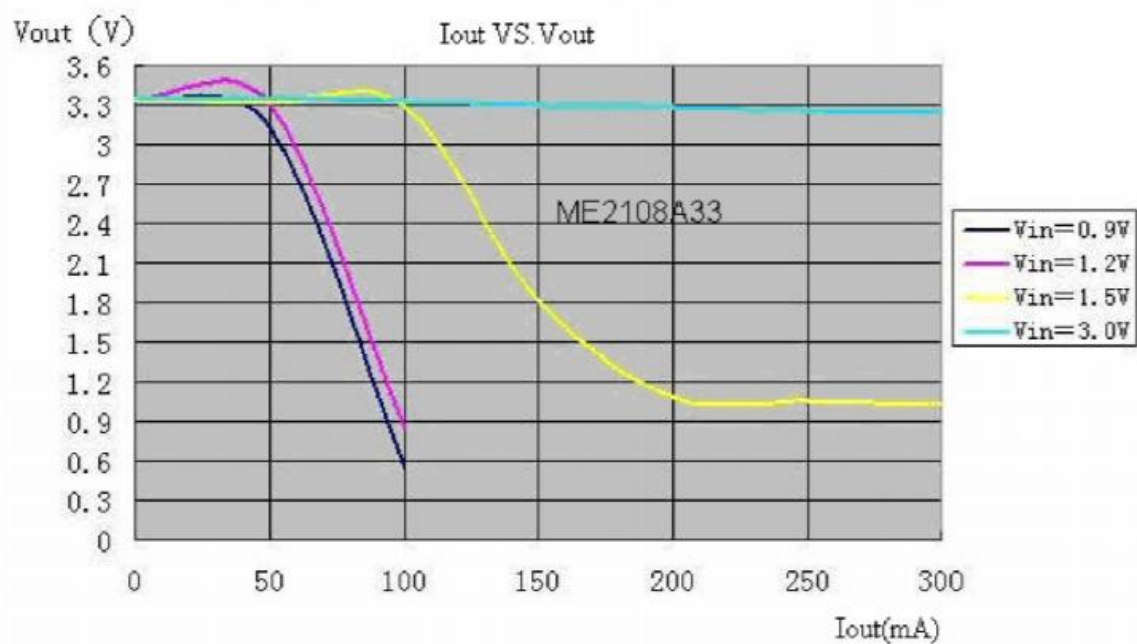
L zal opgeladen worden wanneer Lx actief is en wanneer deze niet actief zal deze zich ontladen. Deze is cumulatief met de V_{IN} wat ervoor zorgt dat V_{OUT} groter zal zijn dan V_{IN} .



Switching DC/DC Step up Converter operating process

Figuur 26: DC/DC step up converter werking [28, p. 5]

Karakteristieken



Figuur 27: Karakteristieken ME2108A [28, p. 8]

3.3. Software

3.3.1. Arduino IDE

Er is voor de Arduino IDE gekozen omdat deze beschikt over een groot aanbod van bibliotheken en dankzij de populariteit van deze IDE worden de bibliotheken goed onderhouden. Een tweede reden is de ESP8266 Arduino Core, dit is een tool die de ESP8266 in staat stelt tot het gebruiken van een aantal standaard Arduino bibliotheken. Binnen deze omgeving wordt er geprogrammeerd in C en C++. Het aansturen van de gps- en gsm-module zal serieel gebeuren.

3.3.2. Userinterface

Voor het maken van de gebruikersinterface is gekozen voor een webservice die html, PHP en javascript combineert. Html en PHP zullen voornamelijk gebruikt worden om de interface te bouwen en te besturen. Javascript zal vooral gebruikt worden in het visueel weergeven van de data en het verwerken van gegevens.

Binnen javascript zal er gebruik gemaakt worden van het Google maps API om de data in de database visueel weer te geven, op een dynamische en continu updatende map. Google biedt dit pakket gratis aan zolang we het aantal *calls* naar de service beperken. Voor het javascript API ligt deze op 25000 map loads per dag. Bij het Directions API liggen deze op 2500 per dag. Google maps is een zeer open pakket wat veel vrijheid geeft om het uiterlijk te personaliseren. Deze aanvragen zijn zichtbaar in figuur 28.

Buiten maps biedt Google ook nog een aantal andere services aan die samen met maps gebruikt kunnen worden. Een voorbeeld hiervan is Directions API dit is een functie om routes te berekenen tussen twee gekozen punten. De afstand tussen 2 punten wordt berekend aan de hand van de haversine formule.

PHP wordt gebruikt om gegevens op te halen uit de database en deze door te spelen aan de javascript code. Er is gekozen om niet alleen in PHP te programmeren omdat dit telkens server-side wordt uitgevoerd. Javascript wordt client-side uitgevoerd wat de belasting op de servers doet afnemen.

Map loads

Map loads per day ▾



Figuur 28: Google maps javascript API-loads

3.3.3. MQTT

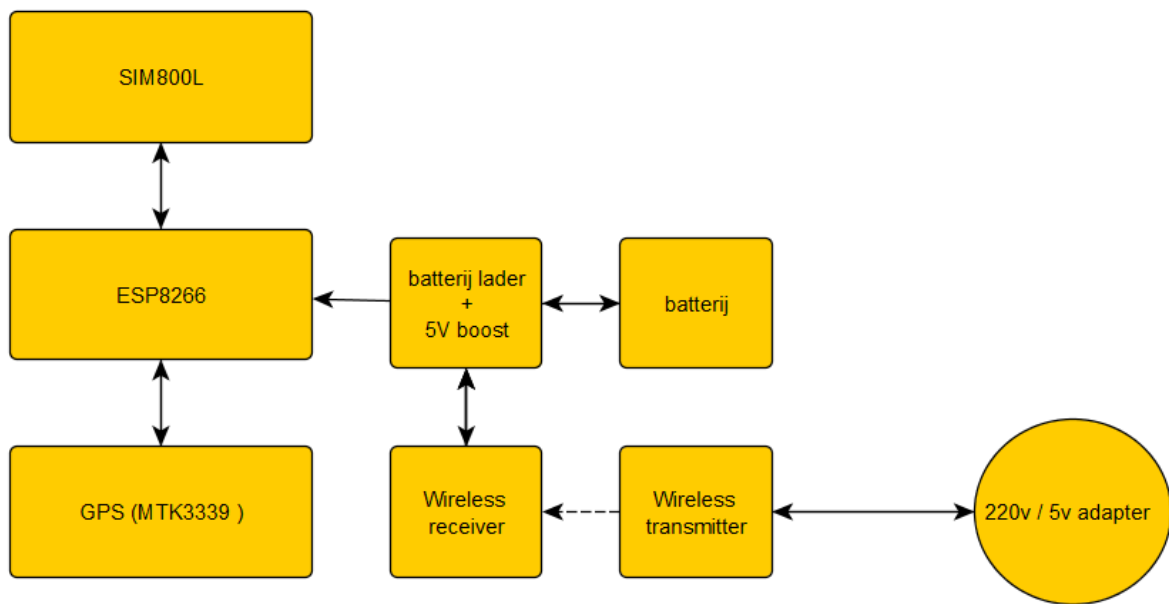
Het IEFT-toestel is in staat om met externe server te communiceren door gebruik te maken van het MQTT-protocol. De gebruikte server software is Mosquitto, dit is een server cliënt implementatie van het MQTT-protocol en maakt deel uit van de Eclipse Foundation. Deze is ontworpen voor gebruik in situaties waar toestellen met beperkte middelen werken.

Er is gekozen om deze broker op een externe server te plaatsen als extra beveiligingslaag. Het IEFT-toestel zal zijn informatie naar deze server, met daarop de broker, verzenden. Deze broker zal op zijn beurt de informatie verdelen naar de nodige subscribers.

4. Resultaten

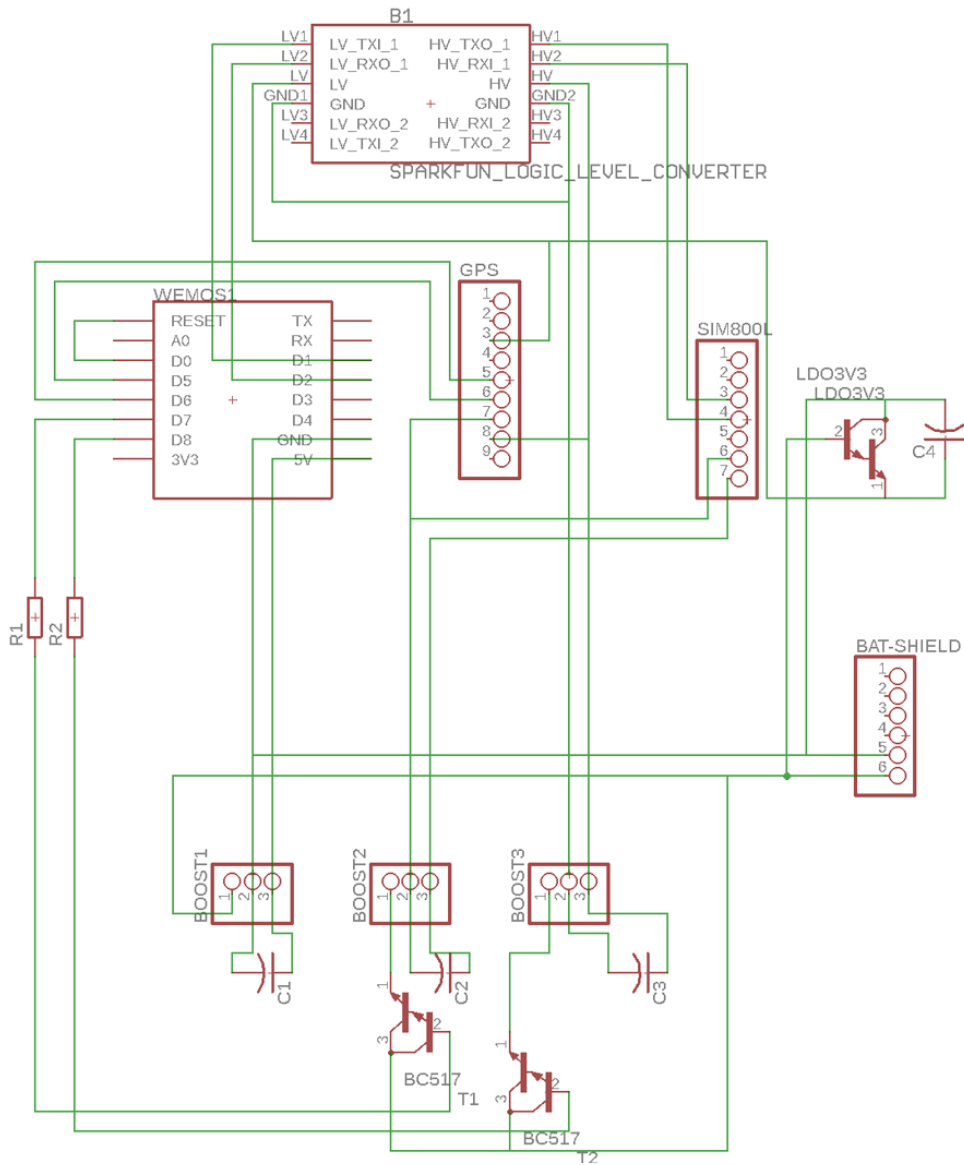
4.1. Werking hardware

4.1.1. Blokschema



Figuur 29: Hardware blokschema

4.1.2. Eagle schema



Figuur 30: Eagle schema IFT-toestel

4.1.3. Beschrijving

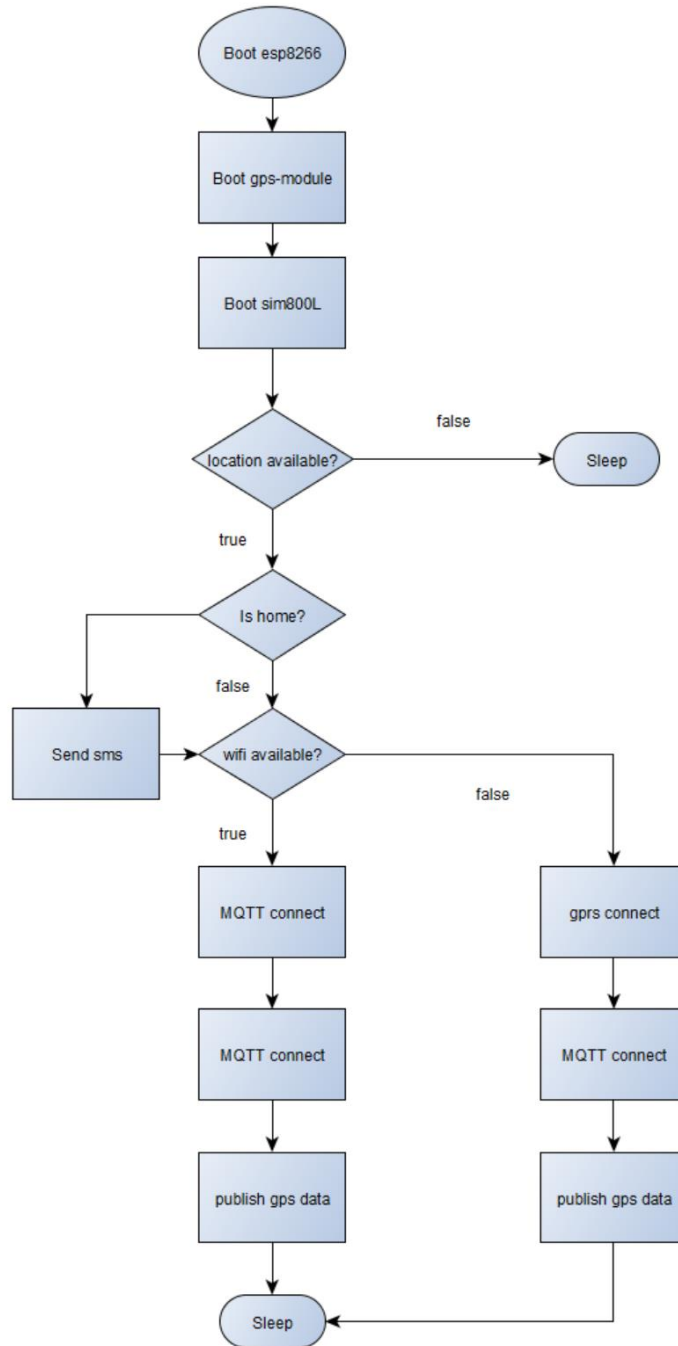
Wanneer de ESP8266 voor de eerste maal zal opstarten zal het proces meer tijd in beslag nemen. De oorzaak hiervan is dat de gps-module nog geen locatie en tijdstip heeft kunnen opslaan om de plaatsbepaling te vergemakkelijken. Na het opstarten van de ESP8266 zal deze een Darlington transistor aansturen die op zijn beurt de gps-module zal voorzien van spanning waardoor deze opstart. Deze module zal dan de locatie gegevens serieel verzenden in NMEA-formaat naar de ESP8266. Wanneer deze een geldige locatie ontvangt zal de gps-module worden afgesloten. Vervolgens zal de ESP8266 controleren of de module minder dan 50m van zijn doel verwijderd is, wanneer de parameters hieraan voldoen dan zal de SIM800L module voorzien van spanning via een 2^{de} Darlington transistor om zo een sms te verzenden naar de Asster telefooncentrale. Wanneer mogelijk zal dan ESP8266 de locatie gegevens verzenden naar een externe server via wifi. Indien dit niet mogelijk is dan zal de SIM800L gestart worden als deze nog niet actief was. Vervolgens zal via het gsm-netwerk de locatie gegevens uploaden naar de externe server. Wanneer dit voltooid is, of mislukt wegens een time-out van het gsm-netwerk of de externe server, zal het toestel terug naar stand-by modus gaan.

4.2. Werking software

Binnen de software zijn verschillende iteraties. De eerste versie is voorzien van het minimum van functionele software. De basisonderdelen zijn aanwezig, deze hebben de mogelijkheid tot het verbinden met een wifi- of gsm-netwerk en de MQTT-server, het controleren van de locatie en vervolgens het versturen van een melding via een sms-bericht.

4.2.1. Eerste prototype

Flowchart



Figuur 31: Flowchart eerste prototype

Werking

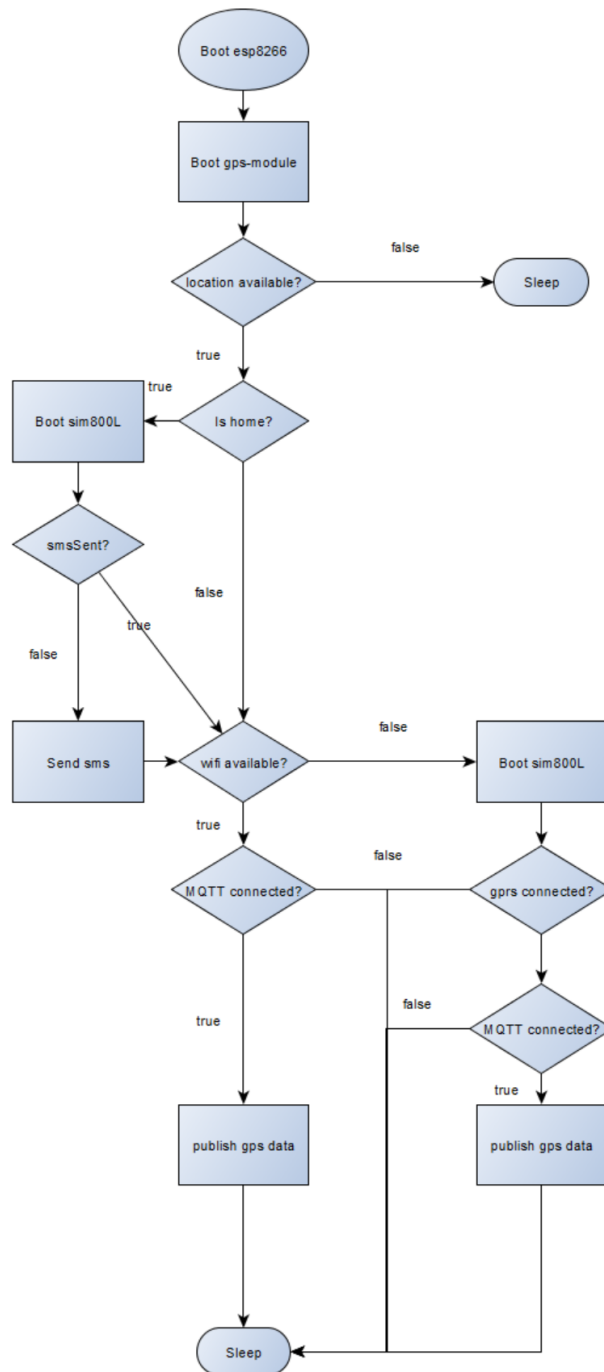
Bij het opstarten van de ESP8266 worden zowel de gps- als gsm-module onmiddellijk opgestart. De seriële communicatie wordt gestart met de gps-module. Dan wordt er gecontroleerd of de locatie beschikbaar is. Dit zal gedurende 10 seconden worden uitgevoerd met maximum van 50 pogingen. Als de locatie niet beschikbaar is binnen deze 50 pogingen dan keert het toestel terug naar stand-by.

Wanneer er een geldige locatie gevonden wordt zal deze vergeleken worden met een opgeslagen locatie om zo te bepalen of het toestel aangekomen is. Valt deze binnen de 100m dan zal het toestel een sms verzenden. Deze eerste versie van de software controleerde niet of er reeds een sms verzonden was of niet. Dit werd duidelijk bij het testen wanneer het toestel, eens op de gewenste locatie, elke 5 minuten een nieuwe melding gaf.

De volgende stap is de locatie gegevens verzenden naar een database. Eerst werd gecontroleerd of er een wifi-verbinding beschikbaar was, zo niet werd er gebruik gemaakt van het gsm-netwerk. Een probleem hier was dat wanneer zowel het wifi- als het gsm-netwerk niet beschikbaar waren. Wanneer dit gebeurde kwam het toestel in een oneindige software lus vast te zitten. Deze lus bleef herhalen tot er een gsm-netwerk beschikbaar was of tot de batterij faalt.

4.2.2. Laatste prototype

Flowchart



Figuur 32: Flowchart Laatste prototype

Werking

Bij het opstarten van het prototype zal eerst de gps-module gestart worden. Ook de seriële communicatie met de module starten zal gestart worden. Deze seriële informatie zal 1 maal per seconde gedurende 5 seconden worden ingelezen om te bepalen of dit een geldige locatie is. Dit proces herhaalt zich tot er een geldige locatie gevonden is of tot we een time-out waarde hebben bereikt. Deze time-out waarde staat standaard op 30, deze kan verlaagd worden. De minimum time-out waarde is afhankelijk van de eerste maal dat het toestel start, dan heeft het namelijk meer tijd nodig om een locatie te bepalen.

```
float myGPS()
{
    for (int i=0; i <= 5; i++){
        static const double HOME_LAT = XXXXXX, HOME_LON = XXXXXX;
        gps.f_get_position(&flat, &flon);
        smartdelay(1000);
        dist=TinyGPS::distance_between(flat, flon, HOME_LAT, HOME_LON);
    }
    int year;
    byte month, day, hour, minute, second, hundredths;
    gps.crack_datetime(&year, &month, &day, &hour, &minute, &second);
    sprintf_P(myDateTime, (PGM_P)F("%02d:%02d:%02d"), hour, minute, second);

    return distance;
}
```

Figuur 33: code snippet afstand bepalen

Wanneer er een geldige locatie gevonden is wordt de gps-module uitgeschakeld. De gevonden locatie zal vergeleken worden met een voorgeprogrammeerde thuis locatie. Wanneer de onderlinge afstand kleiner is dan 50m zal de SIM800L module gestart worden. De sendSMS functie zal worden aangeroepen en deze zal de modem initialiseren en vervolgens de nodige AT-opdracht verzenden naar de SIM800L-module. Is de onderlinge afstand groter dan 50m dan wordt de sendSMS functie niet uitgevoerd.

```
void sendSMS(String myMSG) {
    sendAT("+CMGF=1");
    smartdelaySIM800L(500);
    sendAT("+CMGS=\"+xxxxxxxxxx\""); //phone number
    smartdelaySIM800L(500);
    serialSIM800.print(myMSG); //custom message
    smartdelaySIM800L(500);
    serialSIM800.write(0x1A); //end message
    smartdelaySIM800L(500);
}

void sendAT(const char* cmd) {
    serialSIM800.write("AT");
    serialSIM800.write(cmd);
    serialSIM800.write("\r");
    serialSIM800.flush();
    yield();
}
```

Figuur 34: code snippet sms en AT

Wanneer deze sms verzonden werd zal het toestel dit onthouden door een "1" in het EEPROM geheugen te plaatsen die telkens wordt uitgelezen als er een sms verzonden wordt. Deze wordt terug op "0" gezet wanneer het toestel buiten uit bereik van zijn doel beweegt.

```

void mySMS(bool mySmsCheck) bool smsSent()
{
  EEPROM.begin(20);          {
                              EEPROM.begin(20);

  if(mySmsCheck==true)      byte value;
  {                          value = EEPROM.read(0);

                              EEPROM.write(0, 1);
                              EEPROM.commit();
                              if(value==1)
                              {
                                Serial.print("smsSent true");
                                return true;
                              }
                              }
  else                        else
  {                            {
                              EEPROM.write(0, 0);
                              EEPROM.commit();
                              Serial.print("smsSent false");
                              return false;
                              }
                              }
  }
}

```

Figuur 35: code snippet sms verzonden of niet

De volgende stap is controleren of het wifi-netwerk beschikbaar is. Gedurende 5 seconden zal er elke 0.5 seconden geprobeerd worden om een connectie tot stand te brengen met het Asster gastnetwerk. Als dit lukt zal er gedurende 20 seconden elke 2 seconden een poging tot het verbinden met de MQTT-server gedaan worden. Wanneer deze verbinding tot stand gebracht is zal deze het tijdstip, de methode en in dit geval wifi publiceren naar outTopic op de MQTT-server. Het identificatienummer, de breedte- en lengtegraad zullen naar het topic clean gepubliceerd worden.

```

client.publish("outTopic", "prototype: Wemos D1 - WiFi");
client.publish("outTopic", myDateTime);
client.publish("clean", makeStr(flat,flon, myUID));

```

Figuur 36: code snippet gegevens publiceren over wifi

Als het Asster gastnetwerk niet beschikbaar is zal de SIM800L gestart worden, als deze al niet gestart was door de sendSMS functie. De startMQTT functie wordt dan aangeroepen, deze zal de modem initialiseren en wachten op een verbinding met het Proximus netwerk. Wanneer de verbinding tot stand gebracht is zal de MQTT-server ingesteld worden. De volgende functie die aangeroepen wordt is mqttPost. Deze zal een verbinding met de MQTT-server tot stand brengen en vervolgens GPRS samen met het tijdstip publiceren naar outTopic. Het identificatienummer samen met de coördinaten zullen naar clean gepubliceerd worden.

```

mqtt.publish("outTopic", "prototype: Wemos D1 - GPRS");
mqtt.publish("outTopic", myDateTime);
mqtt.publish("clean", makeStr(flat,flon,myUID));

```

Figuur 37: code snippet gegevens publiceren over het gsm-netwerk

De laatste stap die wordt aangeroepen is de `resetSleep`. De `resetSleep` functie zal telkens aangeroepen worden wanneer de software elke stap heeft doorlopen. Deze zal het toestel gedurende 5 minuten in stand-by plaatsen. Deze functie wordt ook aangeroepen in het geval dat er time-out waarden bereikt worden. Time-out waarden treden op wanneer het toestel niet tijdig:

- Zijn locatie kan bepalen,
- Verbinding kan maken met het gsm-netwerk,
- Verbinding kan maken met de MQTT-server.

4.2.3. Communicatie met de database

Dit gebeurt doormiddel van een python script. Het python script draait op een externe server samen met de MQTT-broker en is een subscriber van het clean topic. Het ontvangt dus alles wat naar de broker onder het clean topic gepubliceerd wordt. Deze informatie wordt lokaal opgeslagen in een tekstbestand waarvan we de lay-out zien in figuur 39. het script maakt verbinding met de mySQL server binnen Asster en plaatst de ontvangen data ook nog in deze database.

De reden dat dit script zich samen met de broker op een externe server bevindt dient als extra beveiliging. Nu kan de firewall van Asster ingesteld worden om maar 1 extern IP-adres toe te laten op de interne Asster server in plaats van het IP-adres van ieder ILEFT-toestel.

```
def on_message(client, userdata, message):
    hs = open("log3.txt", "a")
    hs.write(str(message.payload.decode("utf-8")))
    hs.write(",")
    dateString = time.strftime('%H:%M:%S on %b %d, %Y')
    hs.write(dateString)
    hs.write(";")
    hs.close()

    latLong = str(message.payload.decode("utf-8"))
    data = latLong.split(", ", 2)
    lat = data[0]
    lng = data[1]
    myID = data[2]
    db = MySQLdb.connect(host="xx.xx.xx.xx", user="xxxx", passwd="xxxx", db="xxxx")
    curs = db.cursor()
    try:
        curs.execute ("INSERT INTO wemosGPS (id, longtitude, latitude, dateTime)
values (%s, %s, %s, %s) """, (str(myID), str(lng), str(lat), str(dateString)))
        db.commit()

    except MySQLdb.Error, e:
        print e
        db.rollback()
```


 Figuur 38: code snippet Gegevens opslaan

```

Long      , lat      , ID ,time and month  , year
xx.xxxxxx, x.xxxxxx, xxxx,15:16:04 on May xx, 20xx
xx.xxxxxx, x.xxxxxx, xxxx,15:22:00 on May xx, 20xx
xx.xxxxxx, x.xxxxxx, xxxx,15:27:56 on May xx, 20xx
xx.xxxxxx, x.xxxxxx, xxxx,15:33:51 on May xx, 20xx
xx.xxxxxx, x.xxxxxx, xxxx,15:39:48 on May xx, 20xx

```

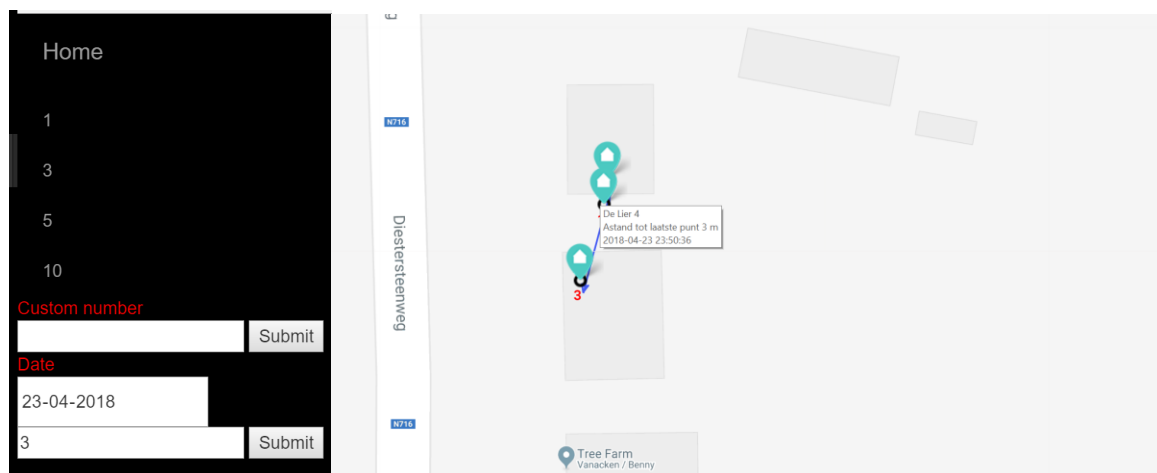
Figuur 39: Tekstfile lay-out

id	longitude	latitude	dateTime	timeStamp ▲ 1
1111			01:25:02 on Apr 28, 2018	2018-04-28 01:25:02
1111			01:30:10 on Apr 28, 2018	2018-04-28 01:30:10
1111			01:35:18 on Apr 28, 2018	2018-04-28 01:35:18
1111			01:40:26 on Apr 28, 2018	2018-04-28 01:40:26
1111			01:45:33 on Apr 28, 2018	2018-04-28 01:45:34
1111			01:50:41 on Apr 28, 2018	2018-04-28 01:50:41
1111			02:00:56 on Apr 28, 2018	2018-04-28 02:00:57

Figuur 40: Database lay-out

4.2.4. Userinterface

De getallen 1, 3, 5 en 10 laten respectievelijk de recentste 1-10 bekende punten van het toestel zien op de huidige datum. Custom number geeft de mogelijkheid om alle punten van de dag zelf weer te geven. Het datumveld geeft de gebruiker de mogelijkheid om de locaties per dag te filteren zoals zichtbaar in figuur x. Hier worden enkel de laatste 3 punten van 23 april 2018 weergegeven.



Figuur 41: Userinterface

De informatie die zichtbaar wordt bij een *mouse-over* is de naam van het toestel in dit geval De Lier 4, dit is een afdeling binnen Asster. Deze naam wordt via een id uit de database opgehaald. De afstand tot het laatste punt wordt lokaal met javascript berekend. Deze afstand wordt berekend aan de hand van de haversine formule:

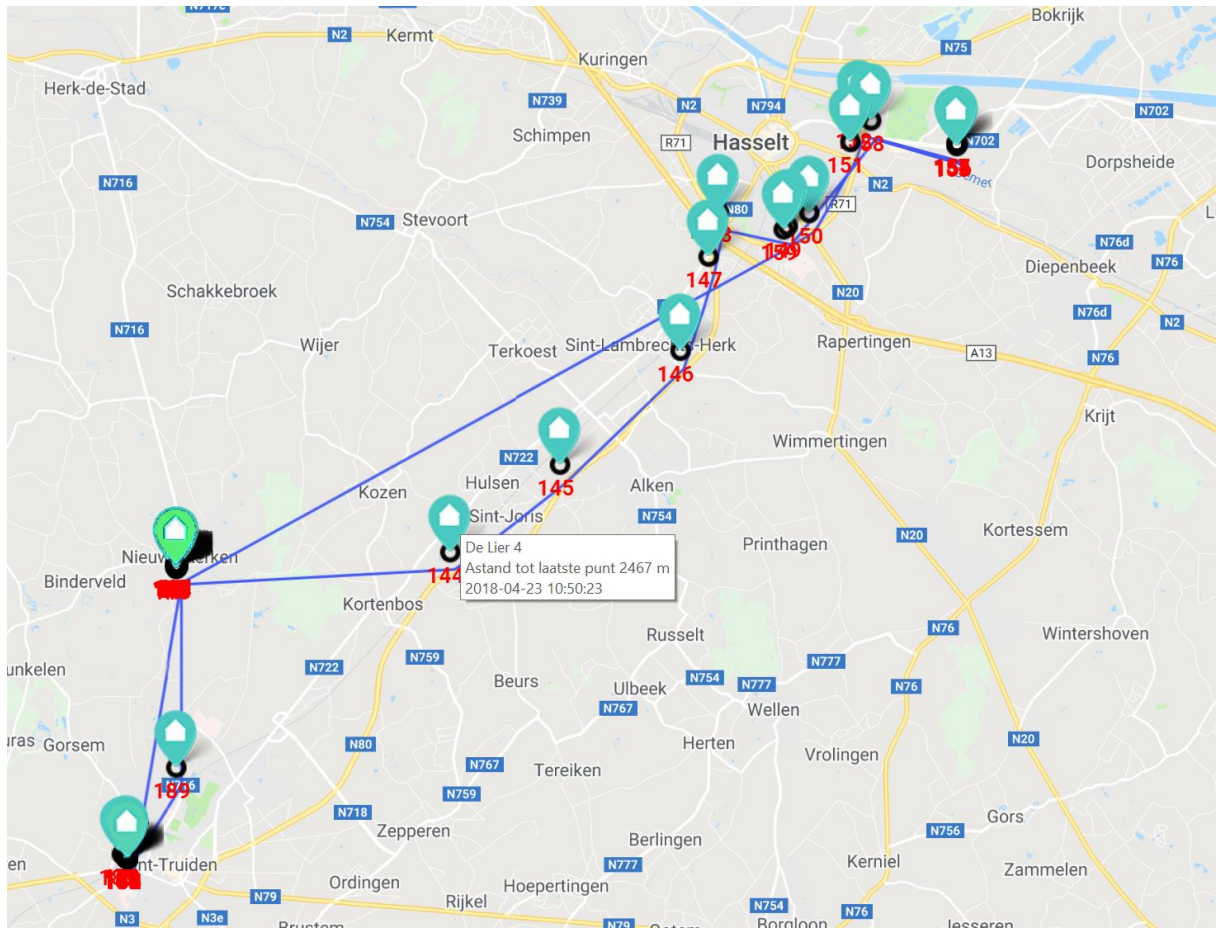
$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right) + \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \cdot \sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)$$
$$c = 2 \cdot \operatorname{atan2}\left(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}\right)$$
$$d = R \cdot c$$

- φ is de lengtegraad
- λ is de breedtegraad
- R is de omtrek van de aarde

```
function calcCrowFlight(lat1, lon1, lat2, lon2, unit)
{
  var R = 6371;
  var dLat = toRad(lat2-lat1);
  var dLon = toRad(lon2-lon1);
  var lat1 = toRad(lat1);
  var lat2 = toRad(lat2);

  var a = Math.sin(dLat/2) * Math.sin(dLat/2) +
    Math.sin(dLon/2) * Math.sin(dLon/2) * Math.cos(lat1) * Math.cos(lat2);
  var c = 2 * Math.atan2(Math.sqrt(a), Math.sqrt(1-a));
  var d = R * c;
  if(unit=="m"){return (d*1000);}else{return d;}
  return d;
}
```

Figuur 42: code snippet Haversine formule



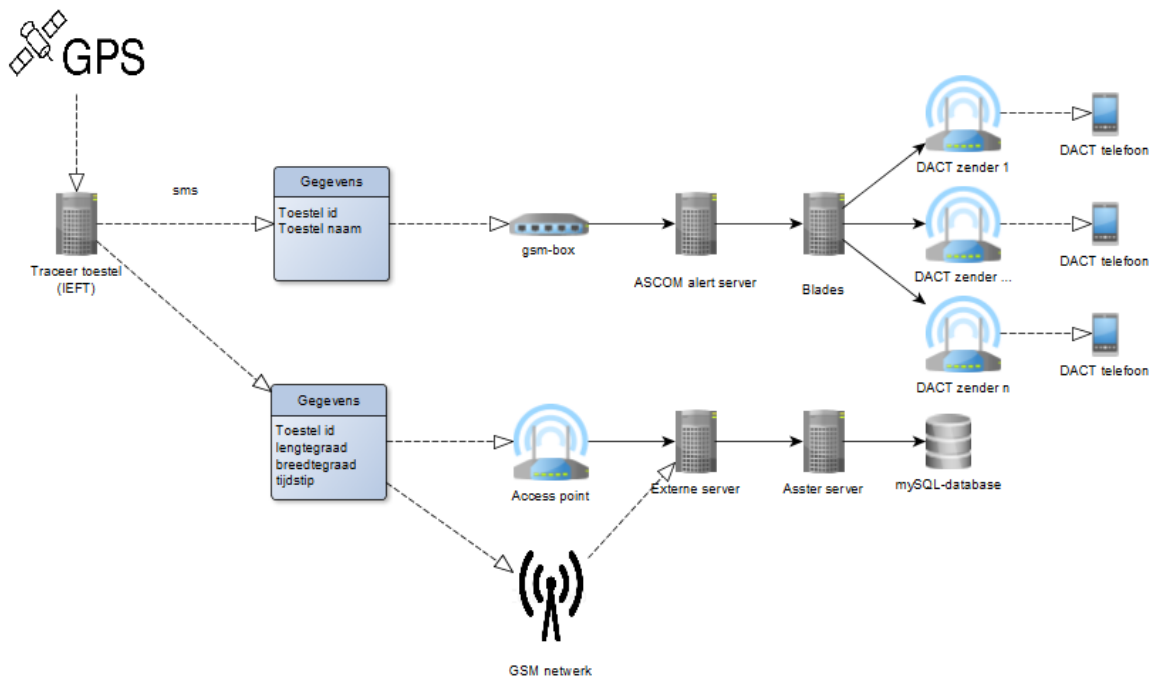
Figur 43: Overzicht route woonplaats - u Hasselt - Asster



Figur 44: userinterface mouse-over marker

4.3. Uiteindelijk systeem

Het uiteindelijk systeem is nagenoeg identiek aan het voorgestelde systeem. De enige aanpassing is het toevoegen van een externe server waarop de MQTT-broker draait samen met het python script dat voor de communicatie met de Asster server zorgt. Dit is gedaan uit veiligheidsoverweging. Nu moet er in de Asster firewall maar één IP-adres toegang krijgen tot de Asster server en niet het IP-adres van elk IEFT-toestel. Wanneer de toestellen gebruik maken van het gsm-netwerk is het niet mogelijk om hun IP-adres te voorspellen wat betekent dat het niet mogelijk was om in deze gevallen een uitzondering op de firewall te voorzien.



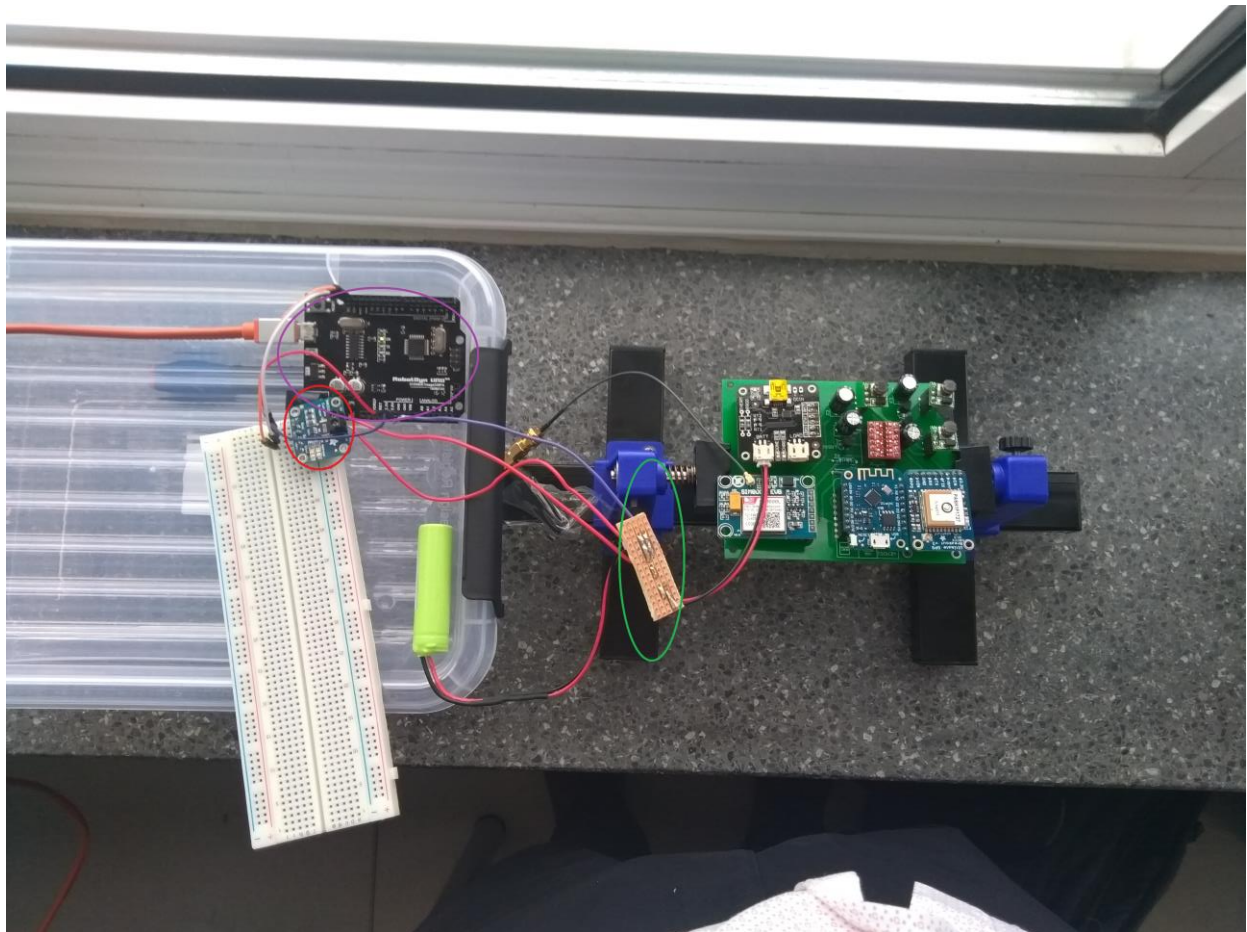
Figuur 45: Overzicht uiteindelijk systeem



Figuur 46: Uiteindelijk systeem (foto)

4.4. Energieverbruik

De metingen zijn uitgevoerd door gebruik te maken van de INA219 dc-stroom sensor, in figuur 47 in het rood, van Texas Instruments. De gebruikte sensor kit is gemaakt door Adafruit. Dit type sensor maakt gebruik van een 12bit ADC en met de gebruikte instellingen heeft deze een precisie van 1% en een resolutie van 0.8mA. De UNO219 controller, dit is een Arduino kloon zoals zichtbaar is in figuur 47 in het paars, neemt elke 50ms een meting deze worden vervolgens samengenomen in sets van 20 om hiermee het gemiddelde te berekenen. Elke seconde zal er dus een meting weergegeven worden die de gemiddelde waarde heeft van de 20 voorgaande metingen. Het koppelstuk, in de illustratie in het groen, waar de meting wordt uitgevoerd bevindt zich vlak achter de batterij om zo te verzekeren dat de gemeten stroom ook alle ondersteunde componenten in rekening neemt. De gebruikte batterij in deze test is een lithium polymeer batterij en heeft een capaciteit van 800 mA/h. Deze werd vooraf volledig opgeladen.



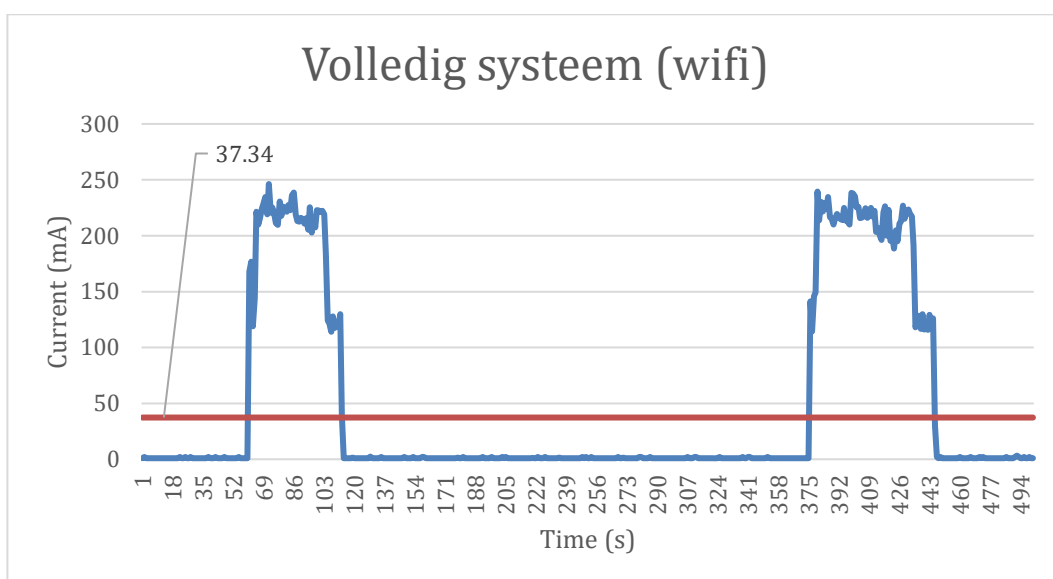
Figuur 47: meetopstelling prototype

4.4.1. IEFT-systeem

Hier wordt er onderscheid gemaakt tussen verschillende situaties. De eerste situatie is als het toestel zich binnen een campus bevindt, er wordt dus gebruik gemaakt van wifi om gegevens te verzenden. De tweede situatie is waar het toestel zich buiten de campus bevindt en dus gebruikt maakt van het gsm-netwerk om gegevens te verzenden. En tot slot een situatie waarin het toestel zijn bestemming bereikt heeft en een sms zal verzenden.

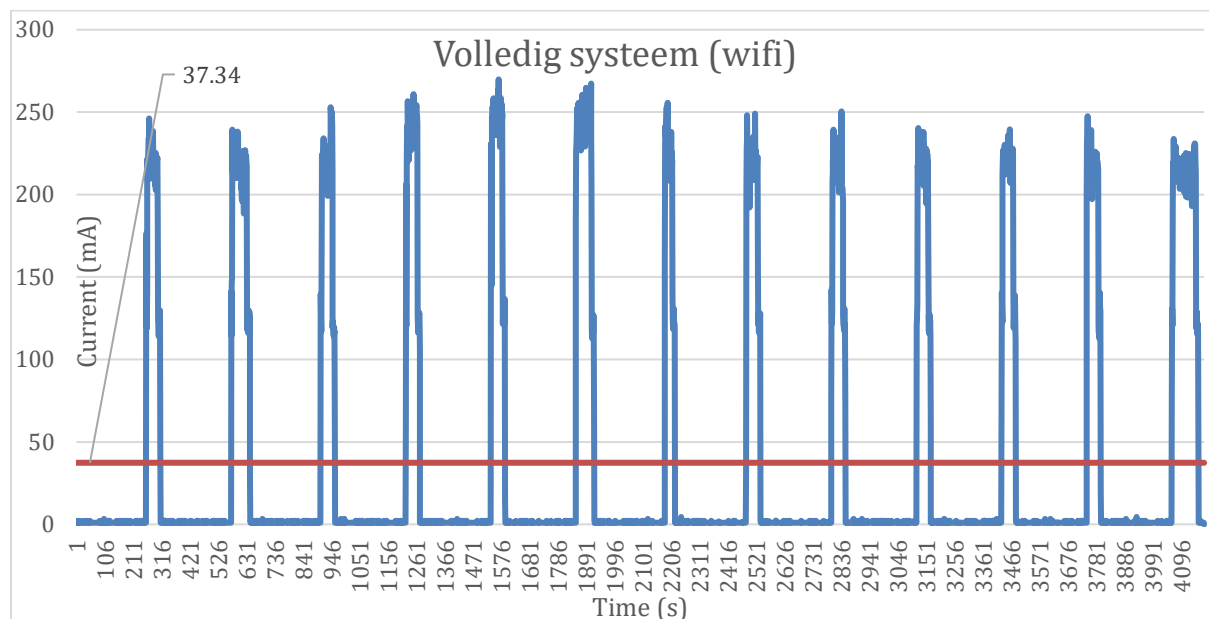
Situatie 1

De eerste situatie speelt zich af wanneer het toestel zich op de campus bevindt en dus gebruik kan maken van de wifi-functionaliteit van de ESP8266. Figuur 48 is een snippet uit een meting van 1u en 10min, deze heeft 4181 metingen opgeleverd. Deze geeft de stroomconsumptie van 2 opeenvolgende activaties weer in een wifi-situatie. Bij het wakker worden van het toestel zal de ESP8266 en de gps-module opstarten, deze hebben samen een verbruik tussen 200 mA en 250 mA. De plotse daling is wanneer het toestel de locatie heeft bepaald en deze vervolgens verzonden naar de server via wifi. De plotse daling die waargenomen wordt is te danken aan de gps-module en de wifi-module die uitschakelen in voorbereiding van slaapstand. De tijd tussen de activatie en de stand-by bedraagt theoretisch 300 seconden maar praktisch mondt dit uit in een gemeten stand-by tijd tussen 270 seconden en 290 seconden. De actieve tijd van het toestel in deze figuur is initieel 55 seconden en voor de tweede activatie 75 seconden. De verhouding tussen actief en in stand-by ligt hier tussen 15% en 21%. De afwijking in de actieve toestand kan verklaard worden door de tijd dat de gps-module nodig heeft om zijn locatie te bepalen.



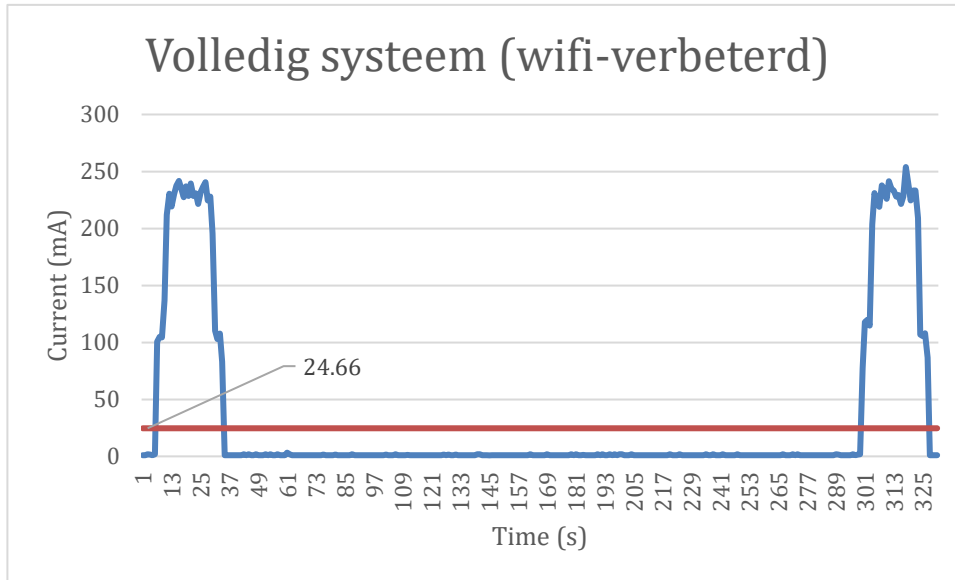
Figuur 48: Stroomconsumptie volledig systeem (wifi)

De volgende figuur geeft een meting, opnieuw in een wifi-situatie weer, maar dan het volledig overzicht. Binnen deze grafiek is de verhouding tussen actief en stand-by 18%. Uit de 4181 meetpunten waren 753 punten groter dan 5mA dit laat zien dat het toestel op deze momenten actief was. 3428 punten bevinden zich onder 5 mA, dit is waar het toestel zich in stand-by bevindt. Uit de 70 minuten durende test is het toestel 12 minuten en 33 seconden actief geweest. Binnen deze grafiek is de rode lijn representatief voor het gemiddelde stroomconsumptie, deze bedraagt 37.34 mA. Samen met de 800 mA/h batterij geeft dit een verwachte levensduur van 21 uur en 25 minuten voor de optimalisatie van de code.



Figuur 49: Stroomconsumptie overzicht wifi

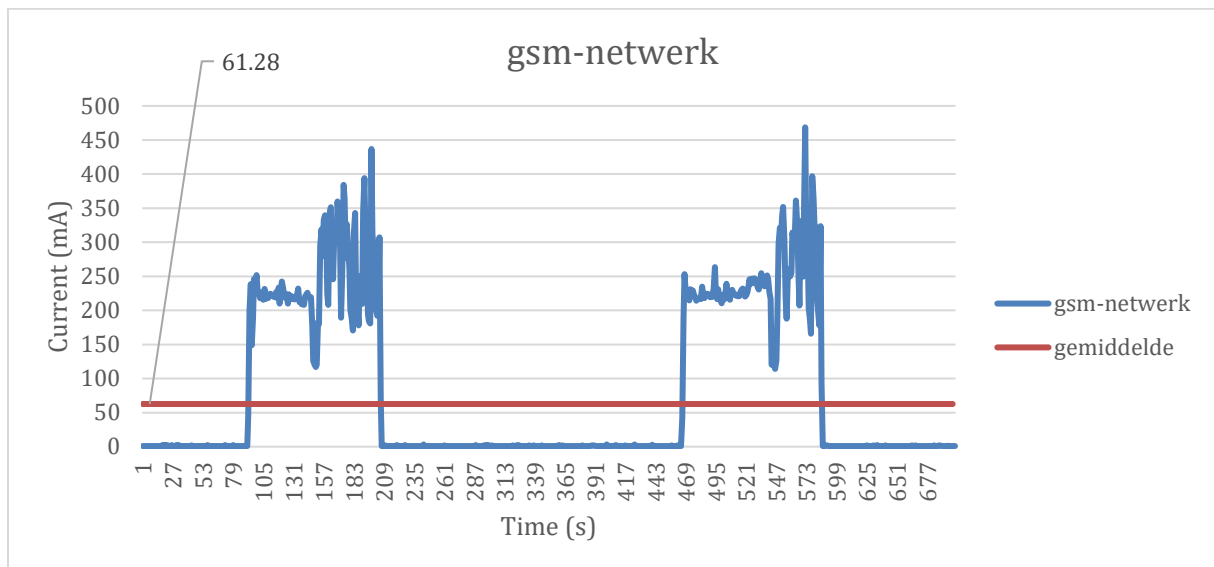
De volgende grafiek is een weergave van het toestel met verbeteringen aan de software, deze waren voornamelijk het verminderen van wachttijden en de actieve tijd van de gps- en gsm-module binnen de software. De onderstaande figuur is een snippet uit een meting gedurende 10u 25min deze meting leverde 37501 meetpunten op. Uit deze meetpunten waren er 4728 groter dan 5 mA en 32770 kleiner. Dit komt neer op een actieve tijd van 12.6%. De verhouding tussen actief en stand-by was initieel 18% deze is dus teruggedrongen met 5.4%. Dit heeft een rechtstreeks en positief effect op de levensduur van de batterij, deze is van 21 uur verlengt naar 32 uur. De verbetering is zichtbaar in figuur 50 omdat actieve tijd ligt lager dan in figuur 48.



Figuur 50: Stroomconsumptie volledig systeem (wifi-verbeterd)

Situatie 2

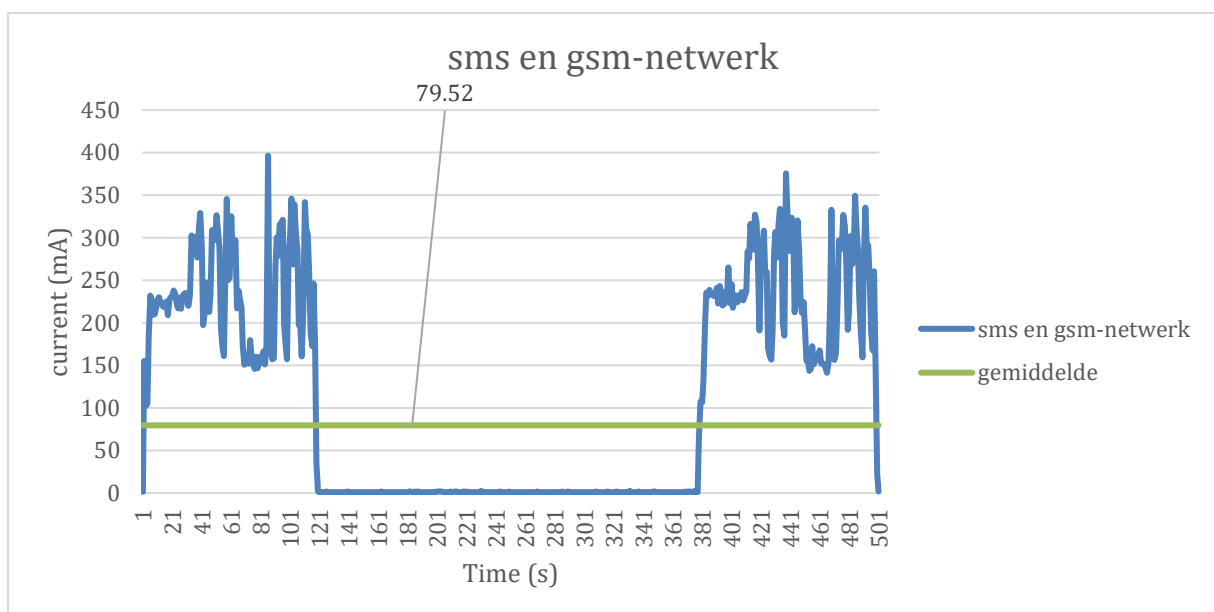
De tweede situatie is waar het toestel zich buiten de campus bevindt, hier zal het toestel geen gebruik kunnen maken van de wifi-functionaliteit van de ESP8266. Daarom zal deze gebruik maken van het gsm-netwerk. Het gevolg hiervan op de energieconsumptie is goed zichtbaar. De dip in verbruik die optreedt in het midden van de pulse, rond punt 150 en 545, is waar de gps-module uitschakelt en de ESP8266 controleert of wifi beschikbaar is. De volgende piek die waargenomen wordt is de gsm-module die opstart en net voor het uitschakelen treedt de grootste piek op, deze is wanneer het toestel de gegevens verzendt. Deze meting bestaat uit 19675 meetpunten gedurende 5 uur en 27 minuten. Binnen deze tijd was het IEFT-toestel 1 uur en 18 minuten actief. Dit komt overeen met een up-time van 24.5%. In vergelijking met situatie 1 is dit ongeveer een verdubbeling. De gemiddelde stroom is nu 61.28 mA wat samen met een 800mA/h batterij een voorspelde levensduur geeft van 13 uur.



Figuur 51: Stroomconsumptie volledig systeem (gsm-netwerk)

Situatie 3

De derde en laatste situatie is wanneer het toestel geen wifi-verbinding kan maken maar zich wel in de doelzone bevindt. Om een goed beeld te krijgen van het energieverbruik van deze situatie is gekozen om altijd een sms te verzenden en niet enkel wanneer we opnieuw de locatie hebben verlaten. De volgende grafiek is een snippet uit een meting bestaande uit 2782 meetpunten. Van deze meetpunten was het IEFT-toestel er 949 actief. Dit geeft een uptime van 34.11%. In vergelijking met situatie 1 is dit bijna een verdrievoudiging. De gemiddelde stroom bedraagt hier 79.52 mA wat een verwachte levensduur oplevert van 10 uur.



Figuur 52: Stroomconsumptie volledig systeem (gsm-netwerk) met sms bericht

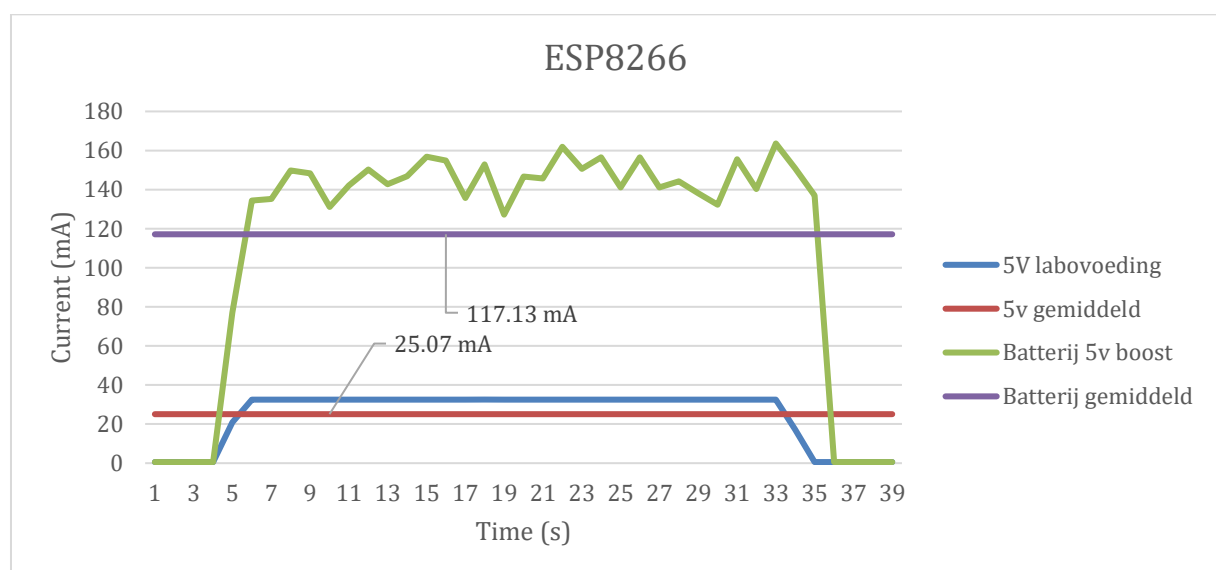
Zoals zichtbaar in de bovenstaande grafieken is de levensduur van het toestel sterk afhankelijk van de locatie. Buiten de campus is de verwachte levensduur van de batterij 13 uur wat 60% lager ligt dan de verwachting binnen de campus. Het IEFT-toestel wordt dus best ingezet in situaties waar er enkel tussen campussen gependeld wordt. Mogelijke oplossingen hiervoor is het bufferen van de locatie gegevens. Dus dan zou het toestel nog steeds elke 5 minuten een meting uitvoeren, maar deze slechts uploaden wanneer zijn geheugen vol is of een wifi-netwerk beschikbaar wordt.

4.4.2. Individuele componenten

Deze metingen zijn uitgevoerd door gebruik te maken van een 5v labovoeding en door de batterij samen met de ME2108A DC/DC step up converter. De eerste meting was van de ESP8266 in normale toestand, zonder wifiverbinding. Wanneer we gebruik maken van de labovoeding zonder converter is er een gemiddelde stroom van 25mA. Zodra deze zelfde meting wordt uitgevoerd door gebruik te maken van de batterij en een step up converter zien we een grote toename in stroom. Deze wordt veroorzaakt door de lagere spanning van de batterij, het vermogen van de ESP8266 is onveranderd dus om deze te leveren zal de stroom moeten toenemen. Ook de ME2018A zal een negatieve impact hebben op de stroom. Naarmate de belasting toeneemt zal de efficiëntie van de converter afnemen. Dezelfde waarnemingen worden gedaan met zowel de gsm- als gps-module.

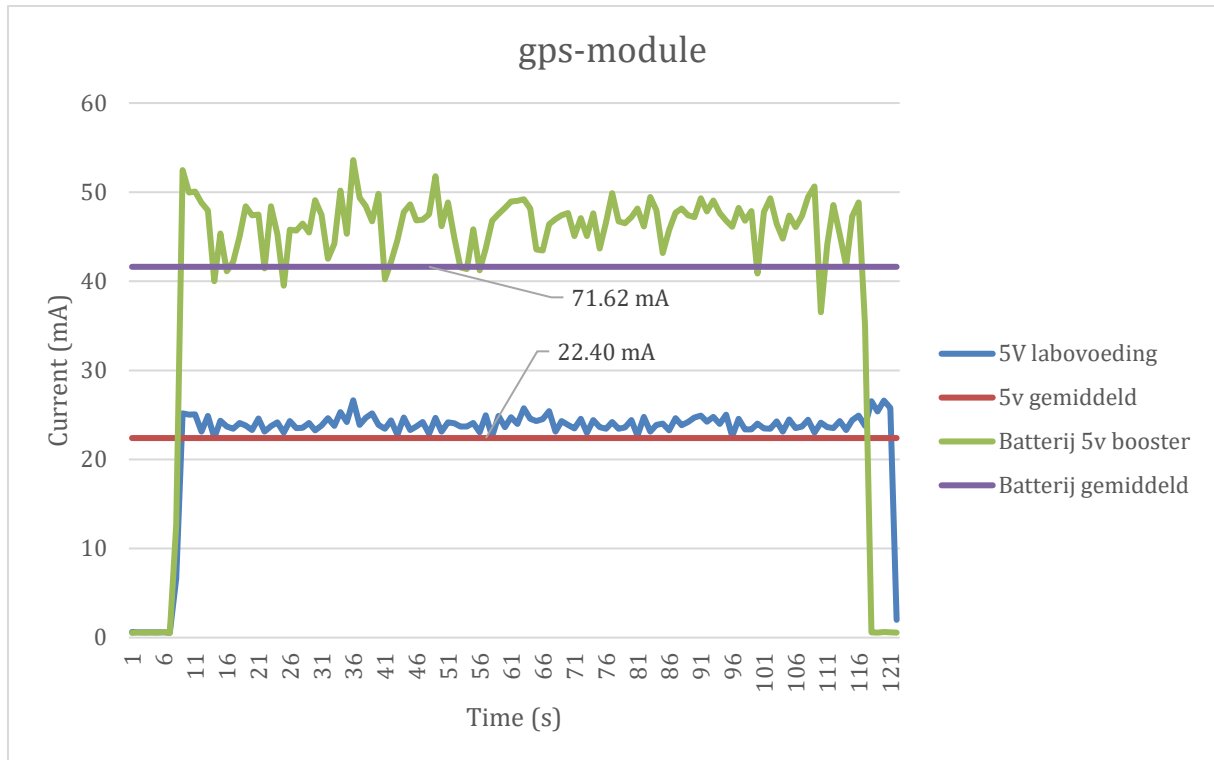
Een mogelijke oplossing hiervoor is gebruik te maken van een batterij-pack. Met deze zal de spanning hoger liggen wat voor een lagere stroom zorgt. De grotere capaciteit zal ook zorgen voor een langere levensduur van het IEFT-toestel.

ESP8266 module



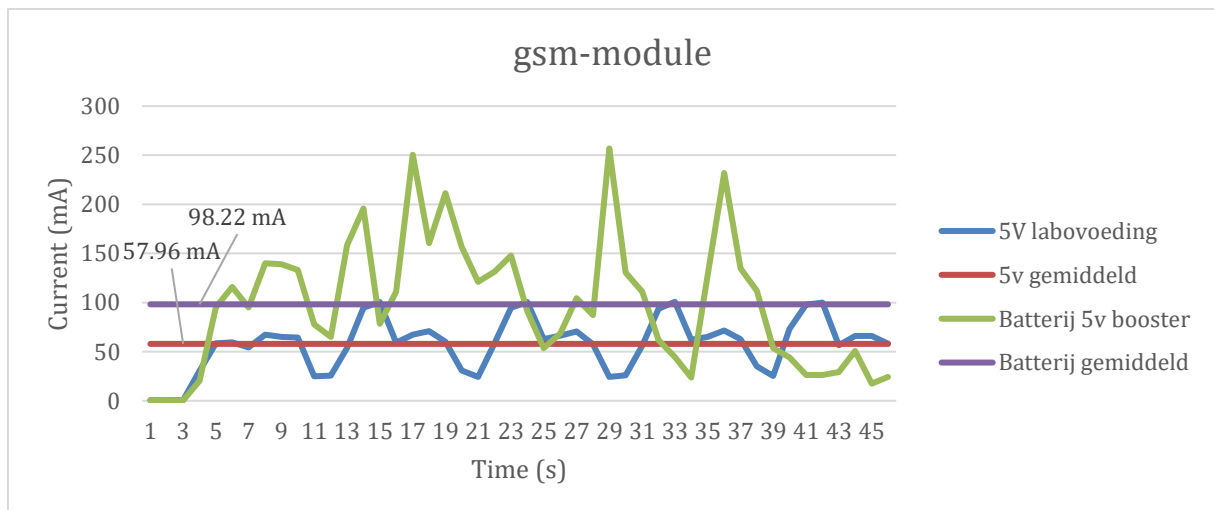
Figuur 53: Stroomconsumptie ESP8266 5V en batterij

gps-module



Figuur 54: Stroomconsumptie gps-module 5V en batterij

gsm-module



Figuur 55: Stroomconsumptie gsm-module 5V en batterij

4.5. gps-metingen

4.5.1. Inleiding

De metingen bestaan uit het bijhouden van het tijdstip en de lengte- en breedtegraad in een database. Deze lengte- en breedtegraad zijn vervolgens in Excel vergeleken met de coördinaten van het toestel om zo door middel van een formule de afstand tot een gekozen vast punt te bepalen uitgedrukt in meter. De gebruikte formule is die van Spherical Law of Cosines.

$$D = \text{acos}(\sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \cdot \cos \Delta\lambda) \cdot R$$

Binnen Excel is deze als volgt gebruikt:

$ACOS(SIN(RADIANS(A3)) * SIN(RADIANS(\$D\$2)) + SIN(RADIANS(90 - A3)) * SIN(RADIANS(90 - \$D\$2)) * COS(RADIANS(B3 - \$E\$2))) * C2 * 1000$

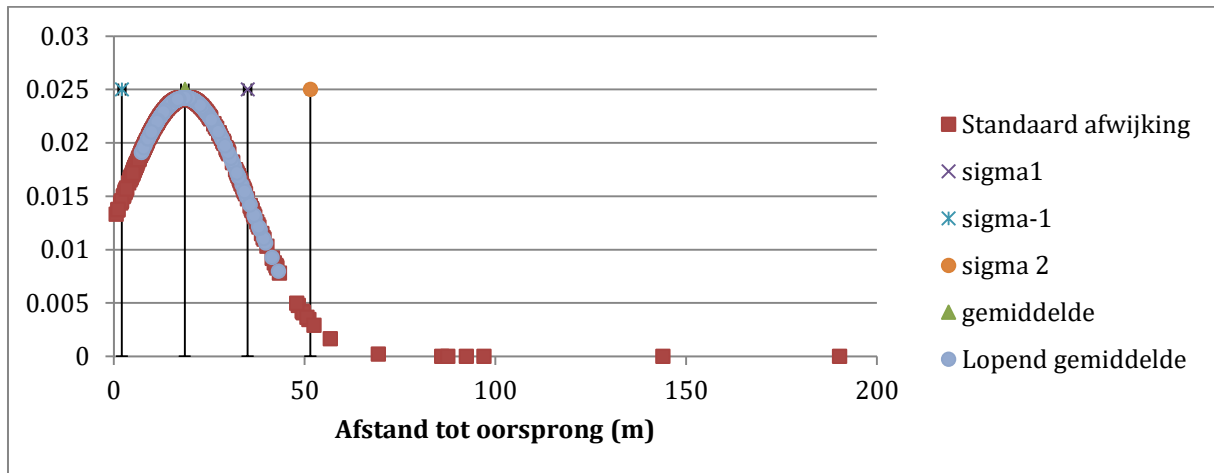
- A3 is de breedtegraad van het gemeten punt
- B3 is de lengtegraad van het gemeten punt
- D2 is de breedtegraad van het vaste punt
- E2 is de lengtegraad van het vaste punt
- C2 is de radius van de aarde 6371km

Deze formule wordt nog vermenigvuldigd met 1000 om de afstand in meter weer te geven.

4.5.2. Stilstaand

Deze meting is uitgevoerd over een tijdspanne van 39 uur en heeft 443 metingen opgeleverd. Dit komt neer op een meting elke 5 minuten en 16 seconden.

De berekeningen hebben aangetoond dat de gemiddelde afwijking tot het vaste punt 18.56 meter bedraagt. De standaardafwijking tot dit punt bedraagt 16.46 meter. De verdeling laat zien dat waargenomen punten voornamelijk een accuraatheid hebben die onder de 50 meter blijft. Deze meting legt echter ook een probleem bloot, de software controleert namelijk of het IEFT-toestel de 50 meter zone niet verlaat en zoals zichtbaar in onderstaande grafiek zijn er momenten waarop de afwijking groter is dan 50 meter. Een mogelijke oplossing hiervoor is bij de melding van de sms niet enkel kijken naar de laatst gevonden afstand tot het gewenste punt. Er zou naar het lopend gemiddelde van de laatste 10 kunnen gekeken worden wat de *outliers* drastisch zal verminderen. Bij het lopende gemiddelde is de afwijking 18.62 meter, deze is nagenoeg niet veranderd. De grootste verandering zit in de standaardafwijking deze bedraagt nu 6.62 meter en dit is een ruime verbetering.



Figuur 56: verdeling van afwijking t.o.v. de echte locatie

4.5.3. Traject 1: Woon-werkverkeer

Test 1

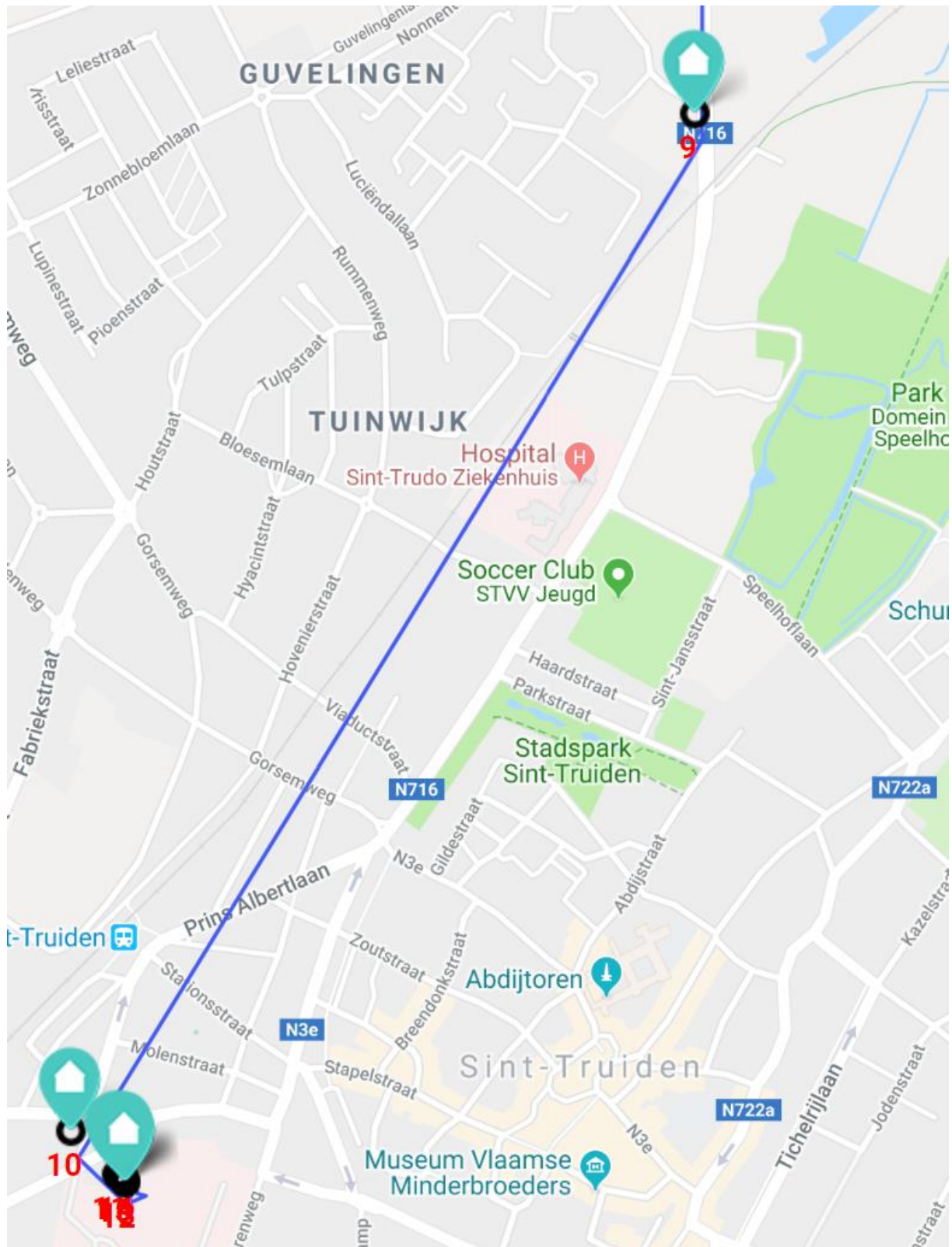
Dit traject begint in Nieuwerkerken op 5:59 en eindigt om 7:15 op de Asster stadscampus. Deze bestaat uit 15 metingen. De eerste 8 metingen bevinden zich op dezelfde plaats waar het toestel stilstaat. Tijdens de verplaatsing worden 2 metingen genomen, dit zijn nummer 9 en 10. De laatste 5 punten bevinden zich binnen de Asster campus. Een probleem dat zichtbaar werd binnen dit traject is dat een interval van 5 minuten onvoldoende is om een correcte route te bepalen binnen de stad. Een oplossing hiervoor is het verlagen van de intervallen, maar dit zou ten koste gaan van de batterij levensduur. De afstand in meter is berekend ten opzichte van de woonlocatie.

Tabel 1: Test 1 afstandsmeting

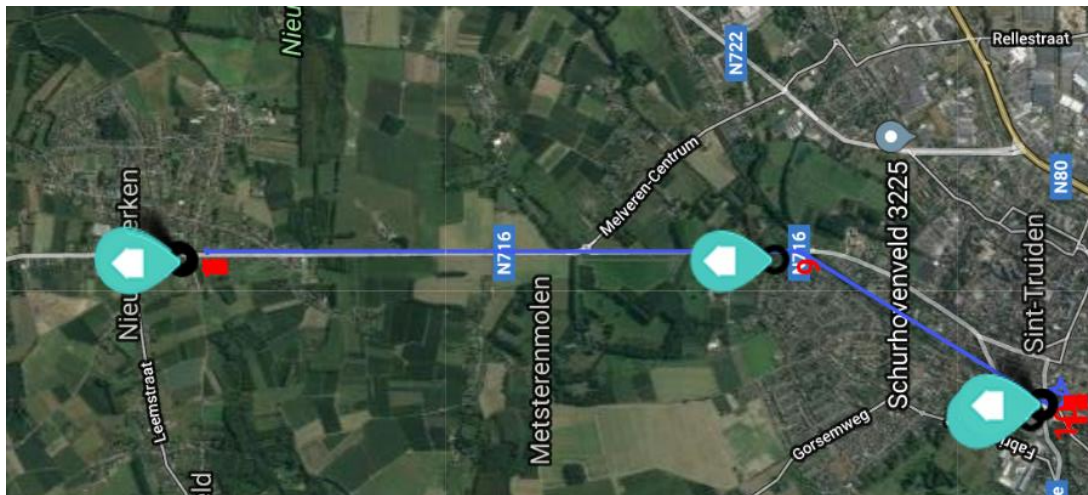
Meting	id	Breedtegraad	Lengtegraad	Afstand (m)	Tijdstip
1	1111	50.860588	5.189165	21.36	23-04-2018 05:59
2	1111	50.860485	5.188808	16.27	23-04-2018 06:05
3	1111	50.860451	5.188803	15.33	23-04-2018 06:10
4	1111	50.860455	5.188818	14.42	23-04-2018 06:15
5	1111	50.86047	5.188818	14.95	23-04-2018 06:20
6	1111	50.860481	5.18882	15.32	23-04-2018 06:25
7	1111	50.860432	5.188747	18.93	23-04-2018 06:31
8	1111	50.860462	5.188897	9.55	23-04-2018 06:36
9	1111	50.828358	5.188915	3565.19	23-04-2018 06:43
10	1111	50.814468	5.175413	5198.21	23-04-2018 06:46
11	1111	50.813889	5.176403	5249.33	23-04-2018 06:52
12	1111	50.813782	5.176563	5259.18	23-04-2018 06:58
13	1111	50.813797	5.176588	5257.24	23-04-2018 07:04
14	1111	50.813892	5.176548	5247.29	23-04-2018 07:09
15	1111	50.813858	5.176495	5251.64	23-04-2018 07:15



Figuur 57: Test 1 woon-werkverkeer route



Figuur 58: Test 1 woon-werkverkeer route



Figuur 59: Test 1 woon-werkverkeer route overzicht

Test 2

Deze meting gaat van start om 7:41 en eindigt om 7:15. Meting 1 was bij het opstarten en toen bevond het toestel zich op de bovenverdieping in de buurt van een raam. Tussen meting 1 en 2 bevond het toestel zich op de beneden verdieping. Hier was het IEFT-toestel instaat om de locatie te bepalen, maar niet om deze in de database te plaatsen. Dit is te wijten aan een beperkt ontvangst van het gprs-netwerk binnen de woning. Meting 2 is wanneer het IEFT-toestel zich buiten op het dashboard van een auto bevindt. Tussen meting 2-3 zijn er ook een aantal time-outs opgetreden, dit is opnieuw te wijten aan het beperkt ontvangst aan deze route. Vanaf meting 3 bevindt het toestel zich in een zone waar het gprs-netwerk een goede dekking heeft en zijn er dus geen time-outs meer.

Tabel 2: Test 2 afstandsmeting

Meting	id	Breedtegraad	Lengtegraad	Afstand (m)	Tijdstip
1	1111	50.860352	5.189078	8.77	14-05-2018 07:41
2	1111	50.860348	5.189417	29.27	14-05-2018 08:01
3	1111	50.828003	5.188975	3604.66	14-05-2018 08:20
4	1111	50.814026	5.1767	5230.83	14-05-2018 08:34
5	1111	50.813915	5.17664	5243.7	14-05-2018 08:40
6	1111	50.814602	5.176665	5168.08	14-05-2018 08:47
7	1111	50.814037	5.176682	5229.83	14-05-2018 08:53
8	1111	50.813869	5.1764	5251.56	14-05-2018 08:59
9	1111	50.81385	5.176587	5251.44	14-05-2018 09:06



Figuur 60: Test 2 woon-werkverkeer overzicht

4.5.4. Traject 2: Voedselcontainer

Dit traject bestaat uit een realistische situatie waarin het IEFT-toestel zich op een voedselcontainer bevindt. Het eerste deel van het traject speelt zich af net voor het inladen van de voedselcontainers in de vrachtwagen. Het tweede deel is wanneer het toestel onderweg is. Het derde en laatste deel is wanneer de containers worden afgeladen op hun bestemming.



Figuur 61: Voedselcontainer met IEFT-toestel

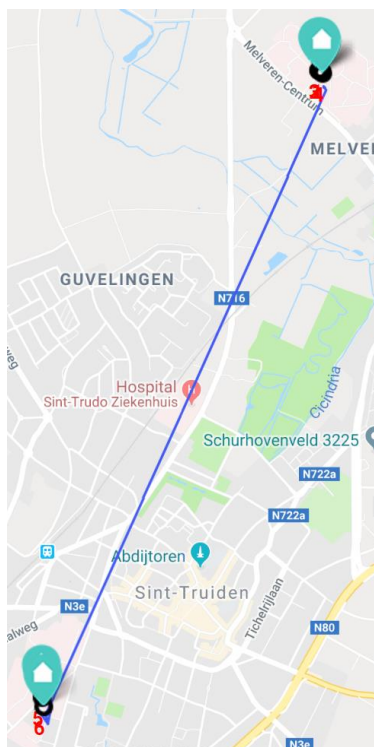
Test 1

Het IEFT-toestel wordt op een voedselcontainer geplaatst in de keuken. Vervolgens wordt deze naar de laadkade gebracht en ingeladen in de vrachtwagen. Het is tijdens dit proces dat de eerste 4 metingen genomen zijn. De vrachtwagens vertrekken dan naar de stadscampus om hun lading te lossen. Meting 5 is opgenomen op de bestemmingsplaats van de eerste voedselcontainer. Dit is nog niet de plaats waar de voedselcontainer met het IEFT-toestel wordt gelost maar er is toch een meting gebeurd. De volgende meting is wanneer het toestel zijn bestemming bereikt heeft. Het toestel is dan van de voedselcontainer verwijderd omdat deze tijdens het testen niet op de afdelingen met patiënten mag komen.

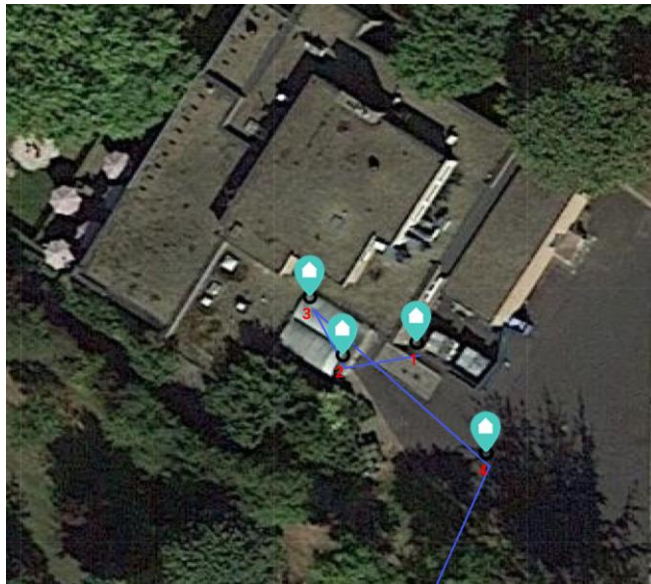
Wat opvalt is dat tijdens de rit zelf, tussen punt 4 en 5 geen meting wordt doorgegeven. Dit wordt verklaard door de zeer beperkte ontvangst op de route tussen de campussen. De laadbak van de vrachtwagen verzwakt de signaalsterkte nog eens extra.

Tabel 3: Test 1 Voedselcontainer coördinaten

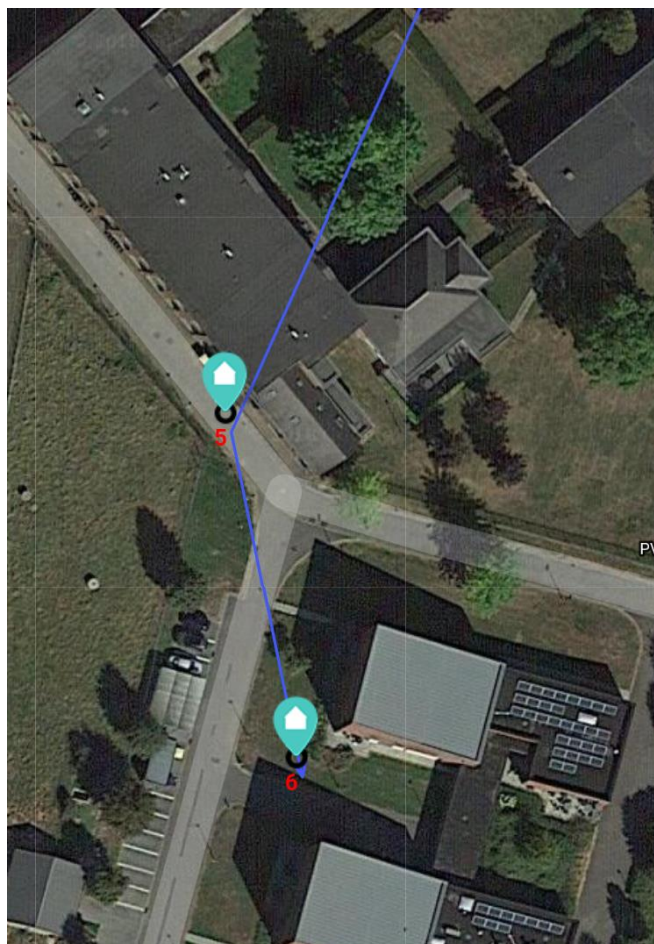
Meting	id	Breedtegraad	Lengtegraad	Tijdstip
1	1111	5.195358	50.837543	15-05-18 10:20
2	1111	5.195257	50.837532	15-05-18 10:26
3	1111	5.195213	50.837582	15-05-18 10:32
4	1111	5.195452	50.837448	15-05-18 10:37
5	1111	5.176295	50.810455	15-05-18 10:50
6	1111	5.176428	50.810051	15-05-18 10:56



Figuur 62: Test 1 voedselcontainer route overzicht



Figuur 63: Test 1 voedselcontainer startpunt



Figuur 64: Test 1 voedselcontainer bestemming

Test 2

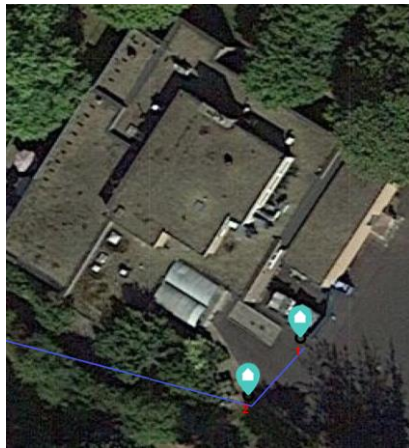
Meting 1 en 2 gebeuren net zoals in test 1 alvorens de voedselcontainer worden ingeladen in de vrachtwagen. Punt 3 is een meting die is uitgevoerd van binnen de vrachtwagen tijdens het reizen. Punt 4 en 5 zijn opnieuw de aflaadpunten van de voedselcontainers. We zien dat deze op dezelfde locatie gebeuren als in test 1.

Tabel 4: Test 2 Voedselcontainer coördinaten

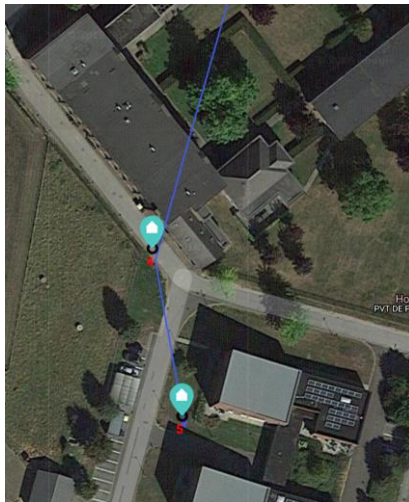
Meting	id	Breedtegraad	Lengtegraad	Tijdstip
1	1111	5.195425	50.8375	16-05-18 10:17
2	1111	5.195335	50.83744	16-05-18 10:29
3	1111	5.188877	50.83852	16-05-18 10:35
4	1111	5.1763	50.81043	16-05-18 10:47
5	1111	5.176402	50.81006	16-05-18 10:53



Figuur 65: Test 2 voedselcontainer route overzicht



Figuur 66: Test 2 voedselcontainer startpunt



Figuur 67: Test 2 voedselcontainer bestemming

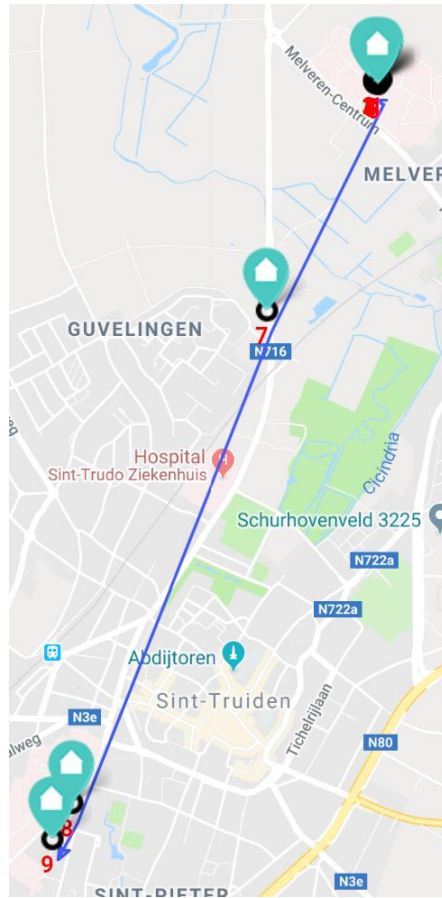
Test 3

Meting 1 is hier de activatie van het toestel bij aankomst alvorens het plaatsen op de voedselcontainer. De punten 2 tot en met 6 zijn wanneer het IEFT-toestel zich op een voedselcontainer bevindt en wordt klaargemaakt om te vervoeren. Punten 7 en 8 zijn metingen van tijdens het traject, wanneer het toestel zich dus in de gesloten laadbak bevindt. Meting 9 is het eindpunt van het te volgen IEFT-toestel.

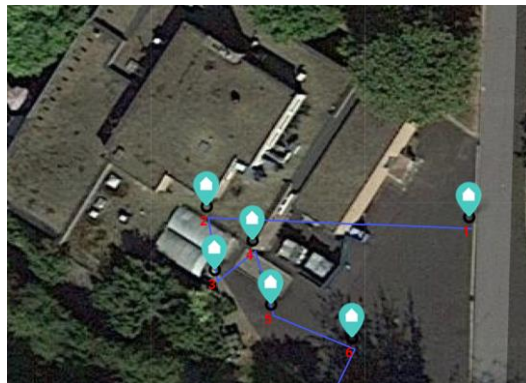
Bij deze test is er geen meting gebeurd op de eerste loskade, dit komt omdat meting 8 net gebeurd is voor de aankomst op deze losplaats.

Tabel 5: Test 3 Voedselcontainer coördinaten

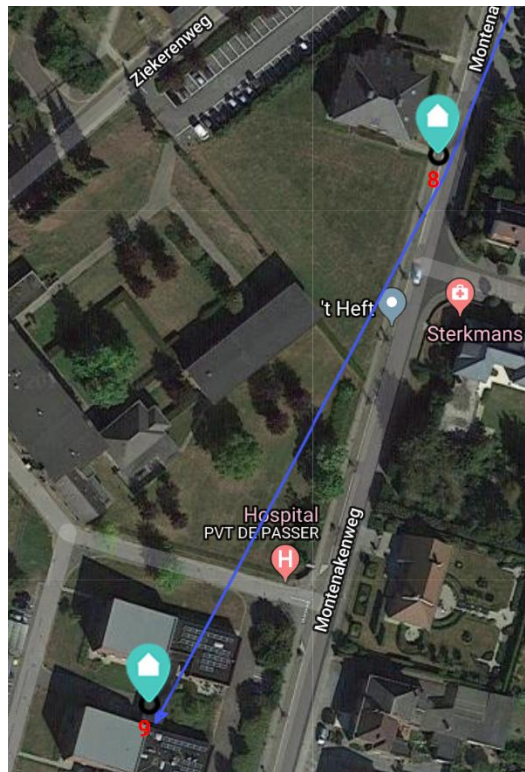
Meting	id	Breedtegraad	Lengtegraad	Tijdstip
1	1111	5.195675	50.83757	17-05-18 10:07
2	1111	5.195253	50.83759	17-05-18 10:13
3	1111	5.195267	50.83752	17-05-18 10:19
4	1111	5.195328	50.83755	17-05-18 10:25
5	1111	5.195357	50.83749	17-05-18 10:31
6	1111	5.195487	50.83745	17-05-18 10:36
7	1111	5.189073	50.82918	17-05-18 10:42
8	1111	5.1778	50.81123	17-05-18 10:50
9	1111	5.176722	50.80994	17-05-18 10:56



Figuur 68: Test 3 voedselcontainer route overzicht



Figuur 69: Test 2 voedselcontainer startpunt



Figuur 70: Test 3 voedselcontainer bestemming

Discussie traject 2

Bij het kijken naar de meetresultaten van dit traject valt onmiddellijk op dat de plaats van een meting een grote rol speelt. Het gsm-signaal is niet over heel de route even krachtig. Dit betekent dat metingen verloren gaan wanneer op dat moment geen gsm-bereik is.

Wat ook sterk opvalt is dat de metingen steeds verzonden en opgeslagen worden wanneer het toestel zich buiten de laadbak bevindt of wanneer deze niet afgesloten is. De begin- en eindbestemming van het IEFT-toestel worden dus steeds correct opgeslagen.

Een mogelijke oplossing om het verlies van gegevens te voorkomen is deze tijdelijk intern opslaan en met de eerstvolgende meting meezenden naar de Externe server.

4.6. CE- markering

Zoals in 2.7 CE-markering is vermeld is er gekeken naar welke richtlijnen er moeten gevolgd worden. Bij de start van dit project was geen rekening gehouden met de wetgeving rond de CE- markering. De interne reglementering van Asster zelf was ook niet in rekening gebracht. De CE-markering is echter enkel vereist wanneer een toestel commercieel beschikbaar wordt gemaakt en is niet van toepassing op prototypes binnen een bedrijf. Maar het interne beleid van Asster is zeer duidelijk over de keuring van toestellen. Toestellen moeten altijd voorzien zijn van het CE-label op de identificatieplaat.

Het behalen van een CE-label bestaat uit de volgende stappen:



Figuur 71: Stappen voor het behalen van een CE-label [20]

De geharmoniseerde normen binnen dit project zijn de EMC, WEEE en de RoHS richtlijnen.

Het opstellen van de technische documentatie bestaat uit een beschrijving van het toestel, een beschrijving en toelichting van de schema's, de berekeningen van de ontwerpen, de uitgevoerde controles en de testverslagen. Aan de hand van deze technische documentatie zal bepaald worden of het apparaat aan de relevante eisen voldoet. [20]

5. Conclusie

Het resultaat van deze masterproef is een toestel dat de locatie van de voedselcontainers traceert en deze gegevens vervolgens via wifi of via het gsm-netwerk op de database plaatst. Het toestel zal ook wanneer het zijn doel bereikt een sms verzenden naar de telefooncentrale van Asster en deze kan vervolgens de relevante afdeling een melding geven op hun DECT-telefoontoestellen.

De beperking van het systeem heeft te maken met de manier van traceren. Gps heeft beperkt bereik wanneer het zich in benedenverdiepingen of kelders van gebouwen bevindt. Ook is het mogelijk dat een laadbak van een vrachtwagen, afhankelijk van het constructiemateriaal, een kooi van Faraday vormt waardoor er geen signalen binnen dringen.

De software die het toestel stuurt heeft een aantal parameters. Deze bestaat uit de thuislocatie van het toestel, het identificatienummer, het adres van de server waar de gegevens naar verzonden worden, de simkaart provider en het SSID van het te gebruiken wifi-netwerk.

De grafische interface geeft de gebruiker de mogelijkheid om de huidige locatie zowel als de vorige locaties weer te geven, ook zal hij kunnen filteren op datum. De gebruiker kan ook de snelste route naar de laatst bekende locatie van het toestel opvragen, vertrekkende van uit de gekozen campus. De userinterface kan verder worden uitgebreid om meer gegevens weer te geven.

De software kan geoptimaliseerd worden door het verder verminderen van wachttijden bij het verbinden met het gsm-netwerk. De precisie kan nog verhoogd worden door niet enkel naar het laatst bekende punt te kijken tijdens één meting, maar naar de laatste 10. Dit zal wel een negatieve impact hebben op de levensduur omdat het systeem trager zal werken.

Literatuurlijst

- [1] vzw Asster, „PSYCHIATRISCH ZIEKENHUIS ASSTER,” ASSTER, [Online]. Available: <http://www.asster.be/>. [Geopend 12 10 2017].
- [2] w. identiteit, „Asster,” Asster, [Online]. Available: http://www.asster.be/images/upload/Webfolders/algemene_folder_new.pdf. [Geopend 02 02 2018].
- [3] D. J. Vanier, in *Why industry needs asset management tools*, Journal of Computing in Civil Engineering, 2001, p. 5.
- [4] AER Worldwide., „aerworldwide,” AER Worldwide, 23 02 2016. [Online]. Available: <https://www.aerworldwide.com/top-ten-reasons-why-asset-management-is-important/>. [Geopend 02 02 2018].
- [5] „omega2 docs,” onion, [Online]. Available: <https://docs.onion.io/omega2-docs/omega2p.html>. [Geopend 23 11 2017].
- [6] espressif Inc., „espressif,” espressif Inc., [Online]. Available: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/4a-esp8266_at_instruction_set_en.pdf. [Geopend 25 11 2017].
- [7] espressif Inc., „espressif,” espressif Inc., [Online]. Available: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf. [Geopend 02 12 2017].
- [8] L. George, „electrosome,” 2018. [Online]. Available: <https://electrosome.com/esp8266/>. [Geopend 21 03 2018].
- [9] „vanguard-industries,” vanguard industries, 2018. [Online]. Available: <http://vanguard-industries.com/products/gps-tracking-system>.
- [10] P. Bertagna, „How does a GPS tracking system work?,” GTX Corp, 26 10 2010. [Online]. Available: https://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1278363. [Geopend 18 11 2018].
- [11] B. C. Fargas en M. N. Petersen, „GPS-free Geolocation using LoRa in Low-Power,” *Proceedings of 2017 Global Internet of Things Summit (GIoTS)*, pp. 2-7, 2017.
- [12] Semtech Inside Circuit, „What is LoRa,” Semtech , 2018. [Online]. Available: <https://www.semtech.com/technology/lora/what-is-lora>. [Geopend 04 12 17].
- [13] Semtech Inside Circuit, „Semtech’s LoRa® Geolocation Solution for Low Power Wide Area Networks is Now Available,” Semtechs, 30 06 2016. [Online]. Available: <https://www.semtech.com/company/press/Semtechs-LoRa-Geolocation-Solution-for-Low-Power-Wide-Area-Networks-is-Now-Available>. [Geopend 02 02 2018].
- [14] BrickHouse Security, 2018. [Online]. Available: <https://www.brickhousesecurity.com/compare/112/114/306/217>. [Geopend 17 05 18].

- [15] C. Hock-Chuan, „HTTP (HyperText Transfer Protocol),” 20 10 2009. [Online]. Available: https://www.ntu.edu.sg/home/ehchua/programming/webprogramming/HTTP_Basics.html. [Geopend 22 11 2017].
- [16] „chromium,” [Online]. Available: <http://dev.chromium.org/spdy/spdy-whitepaper>. [Geopend 22 11 2017].
- [17] „mqtt faq,” [Online]. Available: <http://mqtt.org/faq>. [Geopend 16 02 2018].
- [18] RF Wireless World, „MQTT vs HTTP | Difference between MQTT and HTTP protocols,” [Online]. Available: <http://www.rfwireless-world.com/Terminology/MQTT-vs-HTTP.html>. [Geopend 17 11 2017].
- [19] M. Rouse, „MQTT,” WhatIs.com, 02 2018. [Online]. Available: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/MQTT-MQ-Telemetry-Transport>. [Geopend 04 03 2018].
- [20] bv, Euronorm, „Juridisch kader Intelligent en flexibel traceersysteem,” Euronorm bv, 2018.
- [21] Wemos, „D1 mini,” 2018. [Online]. Available: https://wiki.wemos.cc/products:d1:d1_mini. [Geopend 20 05 18].
- [22] „SparkFun ESP8266 Thing - Dev Board,” 2018. [Online]. Available: <https://www.sparkfun.com/products/13711>. [Geopend 21 05 18].
- [23] SIMcom , *SIM800L hardware Design*, Shanghai : Shanghai SIMcom Wireless Solutions co. Ltd., 2013.
- [24] Alibaba Group, „SIM800L Draadloze GSM GPRS MODULE,” 2018. [Online]. Available: https://nl.aliexpress.com/item/SIM800L-V2-0-5V-Wireless-GSM-GPRS-MODULE-Quad-Band-W-Antenna-Cable-Cap/32818839096.html?spm=a2g0z.search0104.3.83.7b8ac2c1vOfrij&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_1_10152_10151_10065_10068_10344_10342_10343_10340_10341. [Geopend 21 05 18].
- [25] Adafruit, „Ultimate GPS Module - 66 channel w/10 Hz,” Adafruit.
- [26] GlobalTop Technology Inc., „GPS Standalone Module,” Science-Based Industrial Park, Tainan, 741, Taiwan, 2011.
- [27] Microchip Technology Inc., „Stand-Alone Linear Li-Ion / Li-Polymer Charge,” 2006.
- [28] Nanjing Micro One Electronics Inc. , „DC/DC Step up Converter ME2108 Series,” Nanjing Micro One Electronics Inc. , Shenzhen .
- [29] Alibaba Group, „ V Step Up Power Supply Voltage Boost Converter,” 2018. [Online]. Available: <https://nl.aliexpress.com/item/5Pcs-1-8V-2-5V-3V-3-3V-3-7V-To-5V-Step-Up-Power-Supply/32825277500.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.27424c4dKwRow4>. [Geopend 21 05 2018].

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:
Intelligent en flexibel traceersysteem

Richting: **master in de industriële wetenschappen: elektronica-ICT**
Jaar: **2018**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Raets, Pieter-Jan

Datum: **30/05/2018**