

Precisié Positionering

Virtuele Geleidelijn

kadaster



Colofon

Uitgave:

Kadaster
Januari 2016

Redactie:

Tom Dantuma
Thijs Iedema
Marciano Jahangier
Job Klinkhamer
Gilliam Roelofs

Begeleiding:

Vincent van Altena
Wim Witteveen

Vormgeving & Fotografie

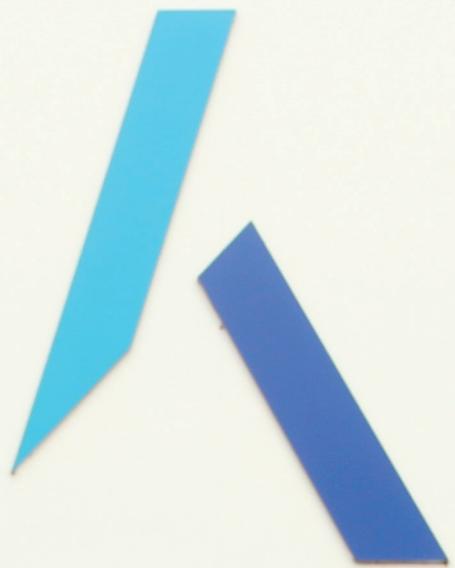
Job Klinkhamer

Adres:

Koggelaan 59
8017 JN Zwolle
Nederland

Precisie Positionering

Virtuele Geleidelijn



Koggelaan

59



kadaster

59

Kadaster
Locatie Zwolle

maandag t/m vrijdag
van 09.00 tot 17.00 uur

Voorwoord

29 september, daar sta je dan, voor de deuren van het Kadaster nog niet wetende aan welke ervaringen we allemaal bloot gesteld zouden worden. Nu alleen nog de taak om al onze ervaringen in te leiden zoals beschreven in het verslag wat nu voor u ligt. Wij kunnen terug kijken op hele mooie tijd waarin wij veel geleerd hebben. Zo had bijvoorbeeld niemand van ons nog enige ervaring met GIS.

Binnen het team hebben wij weinig organisaties meegemaakt waar het leerelement van een stage zo goed opgepakt is. Zo hebben we in de eerste week lessen GIS van Vincent van Altena gehad en een college GNSS van Jochem Lesparre. In een later stadium is er nog een vervolg college van Jochem geweest over vereffenen en Kalman filters en hebben we een bezoek gebracht aan Geobuzz, een geo-ICT beurs. Tussendoor hebben wij bij het inmeten van onze testlocatie nog hulp gehad van een landmeter, zijn we op bezoek geweest bij het Kadaster in Apeldoorn en hebben wij een meeting gehad met Movin, een bedrijf dat zich bezig houdt met indoor-navigatie. Wij denken dat er dan ook oproep gesproken mag worden van een hechte samenwerking tussen het Kadaster en ons als studenten.

De uitdaging die voor ons klaar lag ging over precisie positionering. Weten waar je bent, het liefst tot op enkele centimeters nauwkeurig. De techniek had namelijk al een bestemming gevonden, het project Virtuele Geleidelijn. De Virtuele Geleidelijn is een project binnen de minor Smart World van Windesheim Flevoland. Er zijn nog twee andere studententeams die in het kader van dit project gewerkt hebben. Bij stichting Bartiméus is een team bezig geweest met het ontwikkelen van een wearable die de ontvangen signalen naar een visueel beperkte gebruiker communiceert. De route van de virtuele geleidelijn was een uitdaging voor het team wat bij Geodan gewerkt heeft. Op basis van een 3D-referentiemodel zou er een ideale route voor een slechtziende geplot kunnen worden. Wekelijks is er contact en samenwerking geweest met de twee andere teams. Zelfs zijn er nog twee teamleden van Bartiméus een aantal keer bij het Kadaster op bezoek geweest. In een cocreatie sessie is er aan een Arduino opstelling gewerkt die de output van de ontwikkelde software kan verwerken.

Inmiddels zijn wij enkele maanden verder en zijn wij tevreden over de voortgang die geboekt is. Er is een stuk software ontwikkeld dat een geplande route kan volgen en bepaald of een gebruiker links of rechts van de route loopt. Op basis van de software is ook één van ons op een onbekende route op pad gestuurd om te kijken of hij het eindpunt kon vinden. Er zijn in totaal meer dan 50 metingen uitgevoerd op onze testlocaties, zeker de laatste maanden in barre omstandigheden zoals kou, wind en regen. Wij wensen u veel plezier met het lezen van deze verslaglegging. Als afsluiting wouden wij nog graag de volgende mensen bedanken:

- Wim Witteveen en Vincent van Altena voor de interne begeleiding bij het Kadaster.
- Jochem Lesparre en Lennard Huisman voor het delen van hun geodetische kennis.
- Anthony "Toto" van Inge, Rein van den Boomgaard en Mara Breunese voor hun inzet namens Windesheim Flevoland.
- Alle overige medewerkers van het Kadaster die ons op enig moment ondersteund hebben.

Tom, Thijs, Marciano, Gilliam en Job, team Virtuele Geleidelijn.



Managementsamenvatting

Aanleiding van het project

Het project Precisie Positionering is onderdeel van het project Virtuele Geleidelijn. De Virtuele Geleidelijn dient een gebruiker van A naar B te leiden. Om de gebruiker zo nauwkeurig mogelijk te begeleiden dient er gebruik gemaakt te worden van precisie positionering. Precisie positionering is essentieel als de route een gebruiker exact wil sturen. Daarnaast is het met precisie positionering mogelijk om bekende obstakels te mijden.

Scope

Het project Precisie Positionering is één van de drie deelprojecten van de Virtuele Geleidelijn. De Virtuele Geleidelijn bestaat uit:

- Een referentiemodel, hoe ziet de omgeving eruit: routes, obstakels, e.d.
- Precisie positionering, Wat is de positie van de gebruiker en waar is hij ten opzicht van de virtuele geleidelijn.
- Wearables, hoe communiceert de gebruiker met het systeem en een wearable.

Binnen het project is de focus gelegd op hoe zo exact mogelijk de locatie van de gebruiker bepaald kan worden. Hierbij zijn verschillende mogelijkheden van plaatsbepaling toegepast. In het proof of concept is directe plaatsbepaling toegepast. Indirecte plaatsbepaling (bijv. vereffening of inertial measurement units) is niet in het proof of concept verwerkt, maar zijn wel toegelicht in het verslag.

Probleemstelling

Op het moment is centimeter precisie alleen met post processing en dure apparatuur mogelijk. Als precisie positionering voor een virtuele geleidelijn gebruikt wordt is realtime noodzakelijk.

Doelstelling

Het doel van dit project is realtime positie bepaling met een hoge nauwkeurigheid (ca. 50cm) voor een relatief lage prijs.

Projectresultaat

Opgeleverd zijn een onderzoek en een proof of concept. In het onderzoek is duidelijk gemaakt hoe precisie plaatsbepaling realtime gerealiseerd kan worden en wat de optimalisatie mogelijkheden zijn. Het proof of concept maakt gebruik van meerdere GNSS(Global Navigation Satellite System), een referentiesysteem en software die samen realtime precisie positionering mogelijk maken. De software stelt in staat om de positie ten opzichte en richting van de lijn te bepalen en te communiceren. Dit kan naar een gebruiker worden gestuurd en worden gekoppeld aan systemen van derden. Dit systeem maakt het mogelijk om tot 50 cm precies realtime een positie te bepalen en een route te volgen.

Impact

De veiligheid is een belangrijk aspect. Het geeft de gebruiker zelfvertrouwen en vertrouwen in het ontwerp. De gebruiker maakt letterlijk blindelings gebruik van het ontwerp en dient daarom op een veilige manier gestuurd te worden.

De privacy van de gebruikers zal worden gewaarborgd. In het ontwerp wordt er gebruik gemaakt van de exacte positie van de gebruiker, maar deze zal enkel worden toegepast om het product te optimaliseren.

Gezien precisie positionering een maatschappelijk belang ondersteund, is het gewenst dat binnen het ontwerp rekening gehouden wordt met open-source oplossingen.

Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1: Inleiding	9
1.1 Definitie	9
1.2 Leeswijzer	9
Hoofdstuk 2: Oorsprong	10
2.1 Uitgewerkte Probleem- En Doelstelling	10
2.2 Wat Is Er Al Bekend	11
Hoofdstuk 3: Omgevingsanalyse	14
3.1 Gebruikers	14
3.2 Stakeholders	15
3.3 Gebruikerservaring	15
3.4 Thema's	16
Hoofdstuk 4: Framing & Concept	17
4.1 Probleemdefinitie Vanuit De Gebruiker	17
4.2 Analogieën En Gedachtestappen	17
4.3 Frame En Visie Op Het Probleem	19
4.4 Ontwerpeisen	19
Hoofdstuk 5: Ontwerp	20
5.1 Use Case Scenario's	20
5.2 U-Blox	22
5.3 Real-Time Kinematic	24
5.4 Testopstelling En Testresultaten	24
5.5 Software	30
5.6 Onderzoek Ibeacons	32
Hoofdstuk 6: Impact	35
6.1 Gebruikersaspecten	35
6.2 Implementatie	36
Hoofdstuk 7: Conclusie & Aanbevelingen	37
7.1 Beschouwingen	37
7.2 Toekomstige Ontwikkelingen	38
7.3 Toekomstadvies	38
7.4 Implementatie	39
Hoofdstuk 8: Verwijzingen	40
Hoofdstuk 9: Ontologie	43
Hoofdstuk 10: Tabel- En Figurenlijst	44
Bijlage 1: Detailinformatie Over NETPOS	45
Bijlage 2: Flowchart Software	47
Bijlage 3: Flowchart Vinden Referentiepunt	48
Bijlage 4: Flowchart Kant Van De Lijn Bepalen	49
Bijlage 5: GUI	50
Bijlage 6: Configuratie RTKLIB	51
Bijlage 7: Kadaster En De Virtuele Geleidelijn	55
Bijlage 8: Prototype Virtuele Geleidelijn	57

Hoofdstuk 1: Inleiding

Het project Precisie Positionering is een onderdeel van het project de Virtuele Geleidelijn. Precisie positionering maakt het mogelijk om de afstanden ten opzichte van de geleidelijn te bepalen. Met behulp van deze afstand kan de gebruiker gestuurd worden naar het doel.

Het is de bedoeling dat een gebruiker zich aan de hand van deze virtuele geleidelijn zichzelf kan navigeren van A naar B. Om deze navigatie mogelijk te maken dien je te weten wat je locatie op de wereld is.

Het project Precisie Positionering wordt uitgevoerd bij het Kadaster. Het Kadaster registreert en verstrekkt gegevens over de ligging van vastgoed in Nederland. En de rechten die daar bij horen, zoals eigendom en hypotheek. Dat geldt ook voor schepen, luchtvartuigen en (ondergrondse) netwerken.

Het Kadaster heeft een maatschappelijke opdracht in Nederland met betrekking tot rechtszekerheid en GEO-informatie. Daarbij past samenwerking en het delen van kennis met anderen. Experimenteren met nieuwe ideeën en technologieën is een belangrijk onderdeel van innovatie. (Witteveen, 2015)

1.1 Definitie

Probleem

De gebruiker van precisie positionering heeft behoefte aan realtime precisie plaatsbepaling. Op dit moment is centimeter precisie alleen met post processing mogelijk. Daarnaast dient er voor precieze plaatsbepaling professionele en dure meetapparatuur gebruikt te worden. De kosten kunnen hierbij oplopen tot in de €40.000. (Survey Equipment, 2015)

Doe

Het doel van dit project is realtime positie bepaling met een hoge nauwkeurigheid (ca. 50cm) voor een relatief lage prijs. Hiermee dient de gebruiker de virtuele geleidelijn te kunnen volgen. Deze lijn zal de gebruiker van A naar B leiden.

Resultaat

Een onderzoek en ontwerp van een oplossing om posities buiten nauwkeurig te kunnen bepalen (ca. 50 cm). Daarbij is er in het ontwerp rekening gehouden voor een samenwerking met een te ontwikkelen 3D-referentie model en wearables.

1.2 Leeswijzer

• Hoofdstuk 2 Oorsprong:

De oorsprong van het project, de probleemstelling en doelstelling. Daarnaast is hier te vinden wat er al bekend is qua informatie omtrent het project.

• Hoofdstuk 3 Omgevingsanalyse:

De gebruikers met de gebruikers ervaring en stakeholders worden hier behandeld. Daarnaast een stakeholdermap en de thema's van het project en het uiteindelijke product.

• Hoofdstuk 4 Frame en concept:

Het hoofdstuk frame en concept behandelt het probleem vanuit het gebruikersperspectief. De conceptoplossing voor dit probleem komt ook aan bod.

• Hoofdstuk 5 Ontwerp:

Hier worden de use cases van het project en het ontwerp voor het prototype behandeld. Daarnaast worden de bevinden en resultaten van de onderzoeken beschreven.

• Hoofdstuk 6 Impact:

Dit hoofdstuk behandelt de effecten en impact van het project. Ook komt de implementatie en beheer in dit hoofdstuk aan bod, hier wordt beschreven aan welke protocollen de API moet voldoen.

• Hoofdstuk 7 Conclusie:

Hier worden de toekomstige ontwikkelingen aangegeven m.b.t. precisie positionering. Daarna volgt het door het onderzoek ondersteund advies voor het vervolg van het project.

Hoofdstuk 2: Oorsprong

Precisie positionering is onderdeel van het project de Virtuele Geleidelijn:

“De Virtuele Geleidelijn brengt mensen met een visuele beperking van deur tot (bus)deur, ontwijkt obstakels, gevaarlijke punten en zones, helpt met oversteken en kan informatie op maat geven”

(Breunesse, Virtuele geleidelijn: precisie positionering, 2015)

Om dit te kunnen bereiken is het project “Virtuele geleidelijn” onderverdeeld in drie onderdelen: een 3D- referentiemodel, precisie positionering en wearables. Ieder element wordt opgepakt door studententeams van Windesheim.

Het project Virtuele Geleidelijn – Precisie Positionering onderzoekt de mogelijkheden om te bepalen waar de gebruiker ten opzichte van de virtuele geleidelijn is. De verwachting is dat dit in combinatie met satellietsystemen zoals GPS bereikt zou kunnen worden.

2.1 Uitgewerkte probleem- en doelstelling

Probleemstelling

Op dit moment kunnen visueel beperkten alleen navigeren met statische hulpmiddelen of met hulphonden. Dit beperkt de visueel beperkte persoon om van A naar B te reizen. Er wordt binnen Nederland wel gebruik gemaakt van geleidelijnen ter ondersteuning van de navigatie met behulp van bijvoorbeeld ribbeltegels, maar dit is een inefficiënte oplossing en het is duur om Nederland dekkend te maken.

Doelstelling

Dankzij de virtuele geleidelijn zullen mensen met een visuele beperking zich overal in de openbare ruimte op voet van gelijkheid kunnen verplaatsen. Om te navigeren via een virtuele geleidelijn zijn een aantal aspecten van belang:

- Referentiemodel (hoe ziet de omgeving eruit: routes, obstakels, e.d.)
- Precisie positionering (waar is de gebruiker)
- Wearables (hoe communiceert de gebruiker met het systeem)

Het referentiemodel is het aandachtsgebied van Geodan; het Kadaster houdt zich bezig met de Precisie positionering en Bartiméus verzorgt de wearables.

Kadaster

Het Kadaster heeft een maatschappelijke opdracht in Nederland met betrekking tot rechtszekerheid en geo-informatie. Samen met Rijkswaterstaat wordt de geodetische infrastructuur van Nederland beheerd op basis van GNSS (Global Navigation Satellite System). Voor Precisie positionering wordt NETPOS™ gebruikt. (zie bijlage 1: Detailinformatie over NETPOS)

Het Kadaster onderzoekt de mogelijkheden om Precisie positionering beschikbaar te stellen voor maatschappelijk relevante toepassingen. De Virtuele Geleidelijn is een goed voorbeeld van zo'n toepassing.

Precisie Positionering

Het gebruik van GNSS in combinatie met correcties van NETPOS levert in principe een nauwkeurige positie. GNSS is echter niet overal bruikbaar; gebouwen, bomen, e.d. kunnen de ontvangst van satellietinformatie belemmeren. Een aanvulling met meetinstrumenten als kompas, gyroscoop en snelheidsmeter lijkt daarom noodzakelijk om onder alle omstandigheden (ook indoor) te kunnen navigeren. Het doel van het deelproject is het onderzoeken en ontwikkelen van functionaliteiten om posities buiten in de open lucht nauwkeurig te kunnen bepalen

2.2 Wat is er al bekend?

GNSS refereert naar een constellatie van satellieten die allemaal een signaal uitzenden. In dit signaal wordt de positie van de satelliet en de tijd van verzending van het signaal doorgegeven. Een GNSS is per definitie werelddekkend. Deze systemen worden gebruikt voor plaatsbepaling (European GNSS Agency, sd). De GNSS-signalen die een antenne ontvangt zijn niet direct bruikbaar. Met behulp van een GNSS-receiver worden deze signalen omgezet naar raw data.

GPS

Een GPS-satelliet zendt signalen binair uit. Hieruit kan de satelliet worden geïdentificeerd en de tijd van verzending van het signaal worden bepaald. Daarnaast worden de C/A-code meegegeven en de P-code. De C/A (Coarse Acquisition) code is voor civiel gebruik en heeft een frequentie van 1,023 MHz. De P-code heeft een frequentie van 10,23 MHz en is verkleind omdat deze enkel voor militair gebruik is. Deze berichten zijn gemoduleerd op twee draaggolven, L1 en L2. Waarbij L1 de C/A code bevat en L2 dus alleen toegankelijk is voor militair gebruik. (Nederlandse Vereniging voor Ruimtevaart, 2000)

GLONASS

GLONASS heeft een zeer gelijke werking als GPS. GLONASS is ontwikkeld ten tijde van de Sovjet-Unie. In de jaren 90 van de vorige eeuw is het systeem even in verval geraakt. Sinds

2004 is het weer volledig operationeel. Ook GLONASS heeft een civiele en militaire code. Daarbij heb je dus de SPS-code (Standard Positioning Service) voor civiel gebruik en de PPS-code (Precise Positioning Service) is voor militair gebruik. Hier wordt ook gebruik gemaakt van de twee draaggolven L1 en L2.

BEIDOU-2 / Compass

China is bezig om een globaal navigatiesysteem op te zetten, genaamd Compass Navigation Satellite System (CNSS) of BeiDou-2. Dit systeem zal bestaan uit 25 tot 35 satellieten. Ook zal er binnen Compass onderscheid worden gemaakt met een civiel en militair signaal. Dit systeem zal in 2020 operationeel zijn. (Netherlands Space Office, sd)

GALILEO

Door de afhankelijkheid van GPS is Europa bezig met haar eigen GNSS, genaamd GALILEO. Dit systeem zal volledig civiel zijn en de verwachting is dus dat deze dan ook preciezer dan GPS zal zijn.

GALILEO zal het volgende leveren:

- Open Access Service (OAS): bestemd voor consumententoepassingen zoals autonavigatie; dit wordt gratis.
- Controlled Access Service 1 (CAS1): voor professionele gebruikers, zoals geodeten en meteorologen.
- Controlled Access Service 2 (CAS2): voor een beperkt aantal toepassingen en gebruikers, zoals safety of life services en vliegtuignavigatie.

(Nederlandse Vereniging voor Ruimtevaart, 2000)

Foutmarges

Signalen van satellieten kunnen beïnvloed worden door meetfouten en atmosferische effecten. De verschillende meetfouten komen door de volgende aspecten:

- De atoomklok van de satelliet loopt niet correct. (Als een atoomklok tien nanoseconden achterloopt, levert dit al een locatiefout van drie meter op.)

Hoofdstuk 2: Oorsprong

- Doordat de massa van de aarde en daarmee het zwaartekrachtpotentiaal niet homogeen verdeeld is kan een satelliet afwijken van zijn voorgeprogrammeerde loopbaan.
- Als de ionosfeer vol zit met zwaar geladen elektronen wordt het signaal vertraagd.
- Vertraging in de troposfeer als er grote variaties zijn in temperatuur, luchtdruk en luchtvochtigheid.
- Weerkaatsing van het signaal door plaatselijke obstructions (gebouwen, bomen, auto's etc.). Dit zorgt ervoor dat signalen niet gesynchroniseerd aankomen. Dit wordt ook wel een multi-path-fout genoemd. (Lesparre, 2015)

Real-Time Kinematics

Real-Time Kinematic (RTK) is de handeling die wordt gedaan om het ontvangen signaal van de satelliet preciezer te maken door middel van een correctiesignaal. Omdat er veel kleine fouten zitten in een meting met enkel GNSS-signalen wordt er vaak gebruik gemaakt van RTK. Door middel van RTK kunnen de fouten groot en deels van een meting worden berekend waardoor de meting tot centimeter precisie wordt gebracht. (Muller, Kroll, Lindiger, Pfusterschmied, & Stogl, 2015)

Voor het toepassen van RTK wordt RTKLIB veel gebruikt. Dit is een open source programma dat gebruikt wordt om zowel de GPS en GLONASS signalen als de correcties

van bv. NETPOS te kunnen ontvangen. Binnen deze software worden de atmosferische correcties berekend.

Om de positie te berekenen is er vaak wat tijd nodig. Hoe langer je 'verbonden' bent, hoe preciezer je positie zal zijn, hier heb je verschillende termen voor:

- Single

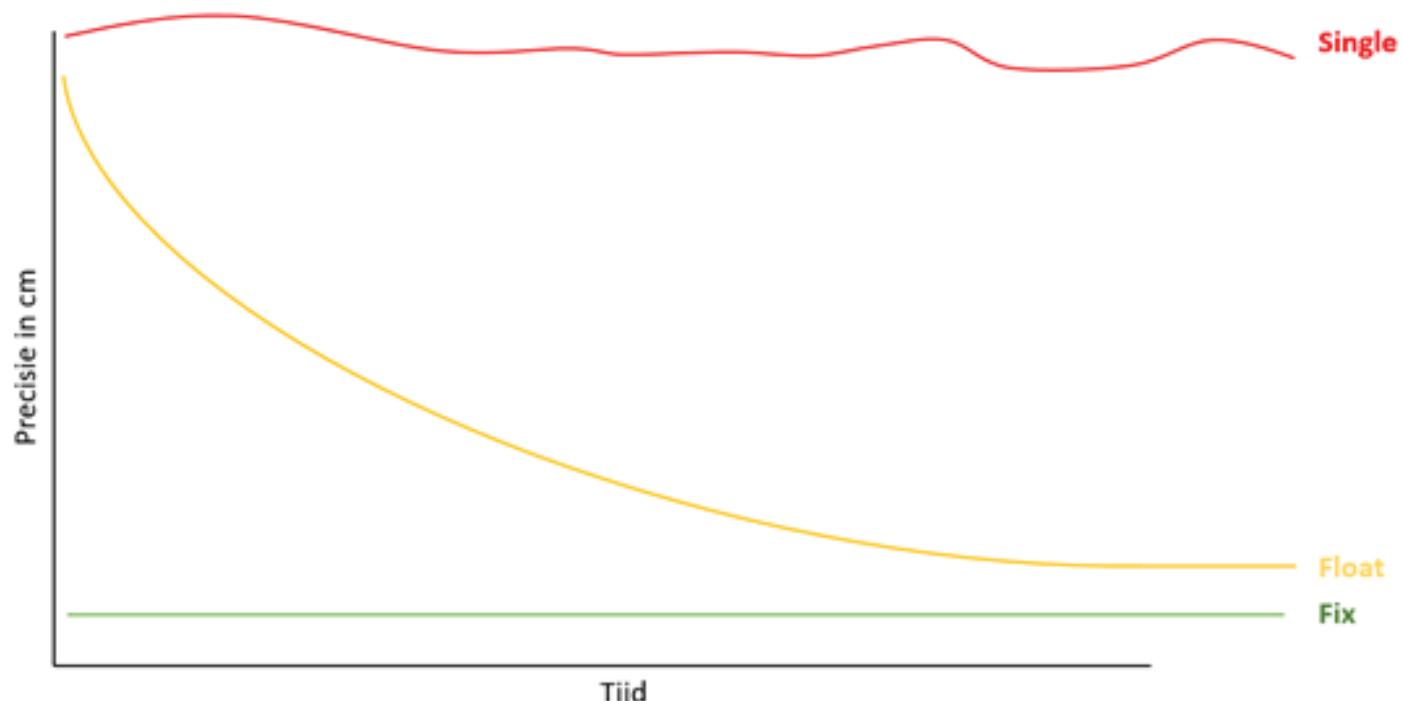
Wanneer er een 'Single' signaal is, ontvangt men alleen de basis van de code. Hierdoor kan er dus een schatting gemaakt worden waar de gebruiker zich bevindt (de benaderde locatie).

- Float

Bij 'Float' wordt er een berekening gemaakt met het correctiesignaal, maar worden het aantal binnengekomen golflengtes geschat. Hoe langer de status 'Float' is, hoe beter de precisie zal zijn.

- Fix

Een 'Fix' status is er wanneer het bekend is, hoeveel golflengtes er zijn verstuurd en wanneer de ratio groter is dan 3. De ratio is een kans dat de positie de juiste positie is. Wanneer er honderd metingen gedaan zijn, waarvan $\frac{2}{3}$ juist is, kan er vanuit gegaan dat deze positie de meest waarschijnlijke is. (Huisman, 2015)



Figuur 2.1: Weergave single, float en fix

Naarmate de tijd verstrijkt wordt de precisie van een float bijna gelijk aan de precisie van een fix. Het wil nog wel eens gebeuren dat een fix wordt bepaald, maar dat deze weer teruggaat naar een float of single. RTKLIB onthoudt de berekening waarmee de float en de fix is bepaald en kan daardoor ook sneller weer een betere precisie bepalen. In figuur 2.1 is een schematische overzicht van dit proces te zien.

Referentienetwerk

Een referentienetwerk maakt het mogelijk met een GNSS-ontvanger binnen een seconde een foutcorrectie door te geven naar de gebruiker. Dit netwerk bestaat uit referentiestations. Afhankelijk van het netwerk staan deze verspreid over het land of werelddelen.

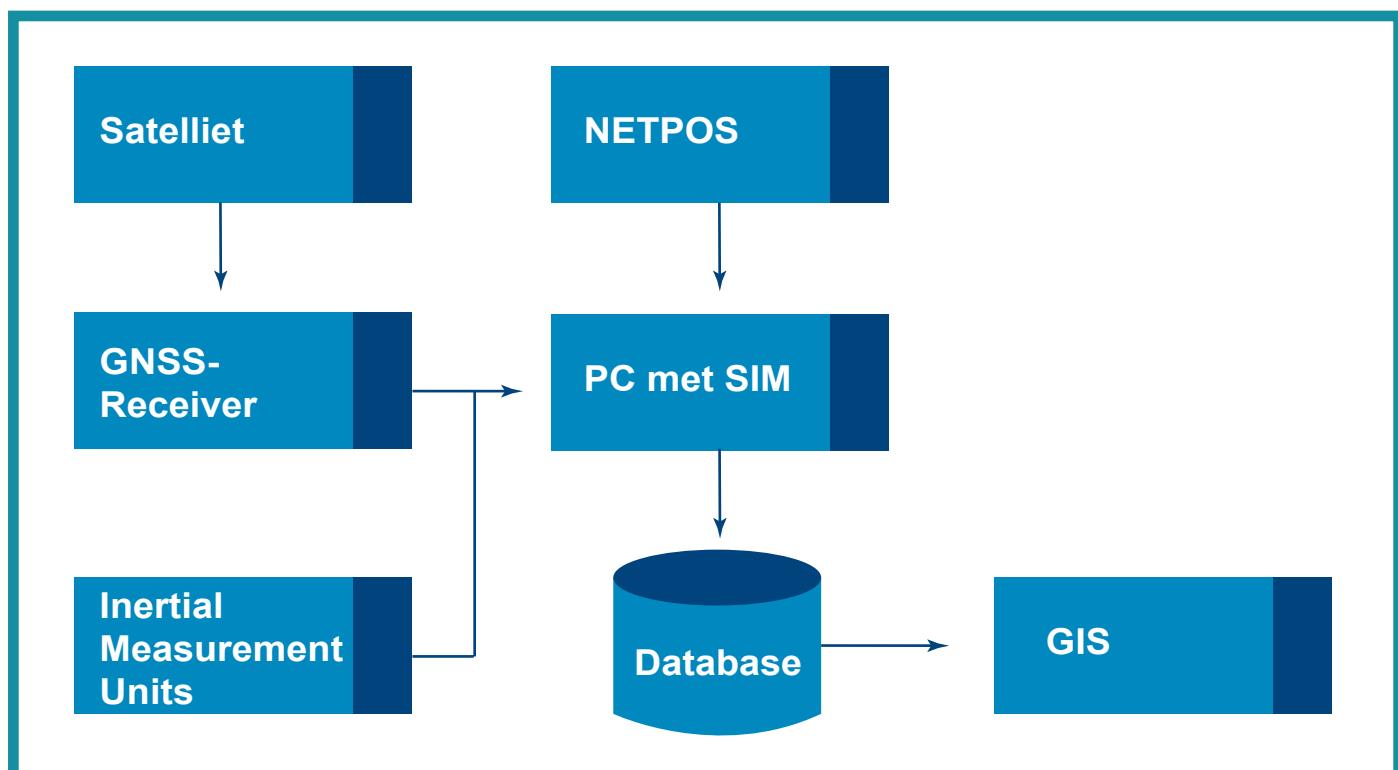
Precisie positionering is in de praktijk van belang bij het landmeten. Kadastrale grenzen worden door landmeten geometrisch vastgelegd, deze grenzen zijn rechtsgeldig. GNSS heeft een aantal foutmarges, deze kunnen door gebruik van referentiepunten verbeterd worden. Met het referentiepunt kan de foutmarge berekend worden, als de foutmarge bekend is kan dit worden gebruikt om een nauwkeurige positie te bepalen.

Inertial Measurement Units

Een inertial measurement unit (IMU) is een elektronisch apparaat dat de versnelling, rotatie en oriëntatie kan meten. Een IMU wordt veel gebruikt gemaakt in vliegtuigen, ruimtevaartuigen en drones. Bij het gebruik in geleide raket navigatiesystemen wordt de zwaartekracht aangeduid als G-krachten met een IMU. (Dis-sanayake, 2002)

Navigatie met een IMU wordt gedaan door de Gegist bestek (dead reckoning) navigatiemethode. Er wordt bij deze methode vanuit de vertrekpositie, koers en afgelegde afstand de huidige positie bepaald. Deze methode wordt gebruikt indien er nog geen directe plaatsbepaling mogelijk is. De nauwkeurigheid van de gegist bekomen positie is afhankelijk van de nauwkeurigheid van de vorige positie, koers en afgelegde afstand. (Hakala, 1992)

Aan de hand van bovenstaande onderwerpen is in figuur 2.2 een eerste schematische weergave opgesteld.



Figuur 2.2: Schematische weergave opstelling

Hoofdstuk 3: Omgevingsanalyse

GPS-ontvangers zijn een dagelijks hulpmiddel voor miljoenen gebruikers wereldwijd. De huidige nauwkeurigheid is voldoende om met een auto een locatie in een onbekend gebied te vinden. Voor precisie positionering doeleinden is een op zichzelf staande ontvanger niet nauwkeurig genoeg. In dit hoofdstuk wordt er gekeken naar de gebruikers en stakeholders van precisie positionering en de virtuele geleidelijn. Er wordt aandacht besteed aan de randvoorwaarden voor plaatsbepaling en precisie positionering. Als laatste paragraaf worden thema's die spelen rondom navigatie van een visueel beperkte behandeld.

3.1 Gebruikers

Binnen de reikwijdte van het project is de visueel beperkte bevolking de eindgebruiker van de precisie positionering technologie. Deze technologie is in meerdere sectoren toepasbaar, met name de agriculturele, maritieme en logistieke sectoren spelen hierin een belangrijke rol.

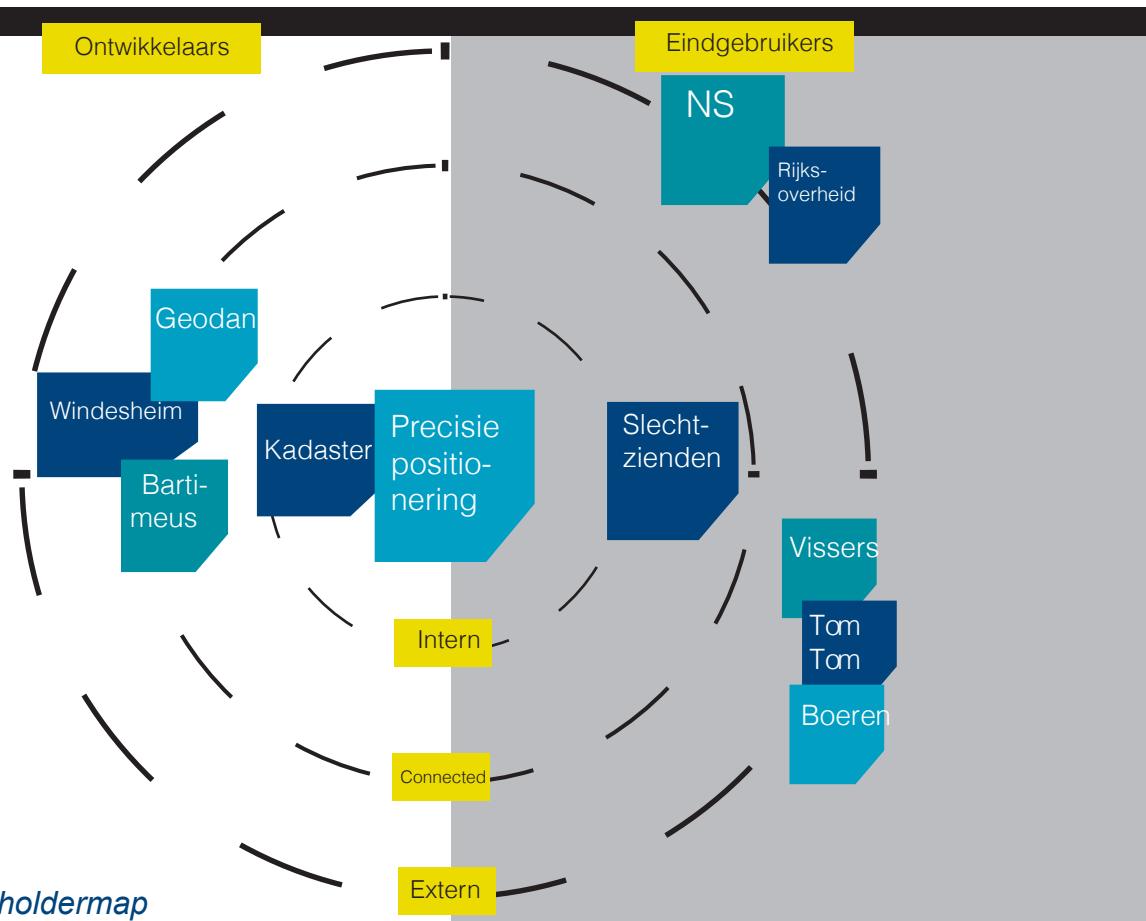
In de agricultuur zijn er drie directe verbeteringen mogelijk met precisie positionering (Lorimer, 2008). Geografische datacollectie is daar een onderdeel van. Deze data kunnen een positieve werking hebben op analyses en besluitneming. Een tweede toepassing binnen de agriculturele sector is de inputcontrole. Precisie positionering kan gebruikt worden voor monitoring, controle en aansturing van bemesting, pesticides en het planten van zaden. Als laatste kunnen machines beter aangestuurd worden met een precisie locatie.

De internationale maritieme organisatie heeft een aantal gebruikerseisen gesteld aan plaatsbepaling bedoeld voor maritieme navigatie (ACID Allen Consulting, 2013). Om aan deze eisen te voldoen is een standaard GNSS-plaatsbepaling niet voldoende. Precisie positionering speelt hierin een grote rol. Deze wordt onder andere gebruikt voor:

- Het vermijden van zandbanken.
- Constructiewerk en kabellegging in havens.
- Navigatie in bedreigde natuurgebieden.
- Offshore olie en gas operaties.

Navigatiesystemen, zoals TomTom, behoren tot een dagelijks hulpmiddel voor plaatsbepaling. Deze plaatsbepaling is voldoende om een gebruiker in een wegennetwerk te plaatsen. Dit levert problemen op met parallelwegen aangezien er hier meerdere mogelijkheden zijn. Met de komst van een zelfrijdende auto is plaatsing op een wegennetwerk niet voldoende. Voor een zelfrijdende auto is het ook belangrijk om te weten op welke wegstrook er gereden wordt, hiervoor is precisie positionering nodig.

WHO ARE THE STAKEHOLDERS?



Figuur 3.1: Stakeholdermap

3.2 Stakeholders

Stakeholders zijn verdeeld in twee groepen. Er zijn stakeholders die helpen bij het ontwikkelen van de virtuele geleidelijn, daarnaast zijn er een aantal eindgebruikers of andere belanghebbenden. Het project draait om precisie positionering; dit wordt gefaciliteerd door het Kadaster, een interne stakeholder. Bij de ontwikkeling van de virtuele geleidelijn zijn ook Bartiméus, een zorginstelling voor visueel beperkten, en Geodan, een Geo-ICT-bedrijf, betrokken. Bij Bartiméus wordt er onderzoek gedaan naar de gebruikerservaring van slechtzienden. Geodan houdt zich binnen het project bezig met een 3D referentiemodel en het genereren van een route. Het project staat onder leiding van Mara Breunesse van Windesheim Flevoland.

Aan de gebruikerskant van het project zijn de slechtzienden belangrijke stakeholders, dit zijn de directe eindgebruikers van de virtuele geleidelijn. Aanleggers van de fysieke geleidelijnen hebben ook een belang. Mocht het project slagen, dan is er een mogelijkheid dat de virtuele geleidelijn de fysieke (deels) kan vervangen. De techniek achter precisie positionering kan in meerdere sectoren gebruikt worden zoals genoemd in voorgaande paragraaf.

3.3 Gebruikerservaring

De gebruikerservaring staat in het teken van de visueel beperkte gebruiker van de virtuele geleidelijn. Het gaat hier om een eindgebruiker van precisie positionering binnen het frame van het project virtuele geleidelijn.

De gebruiker stelt een eis van een precisie van 50 centimeter. Deze eis is gebaseerd op drie verschillende factoren. Ten eerste is 50 centimeter de reikwijdte van de blinde geleide stok. Binnen de 50 centimer zou een slechtziende zich met zijn stok zelfstandig kunnen reden. Een fysieke geleidelijn dient een obstakelvrije zone van 60 centimeter aan beide kanten te hebben. Een attentievlak binnen een fysieke geleidelijn heeft een afmeting van 60 bij 60 centimeter. (Haug & Schuurman, 2015). Een precisie van 50 centimeter valt binnen deze obstakelvrije zone. Ten slotte wordt de omvang van een persoon meegerekend. Van schouder tot schouder komt, afhankelijk van de persoon, naar schatting op 50 centimeter uit.

De fysieke geleidelijn is er als hulpmiddel bij iedere stap van de gebruiker. Daarom is het voor een visueel beperkte gebruiker van belang dat er een continue signaal ontvangen wordt.

Met een gemiddelde loopsnelheid van 4km/u (1.1m/s) zou één positie per seconde wenselijk zijn om een slechtziende te laten navigeren. Het is verder van belang dat er een ontvangen signaal gecommuniceerd wordt. Als een gebruiker goed loopt, zal hij dat in eerste instantie niet direct door hebben. iets wat voor een gebruiker met zicht wel eenvoudig is.

3.4 Thema's

Een slechtziende gebruiker gebruikt de fysieke geleidelijn om zichzelf veilig en zelfstandig van A naar B te verplaatsen. Hierin zitten twee thema's verborgen, veiligheid en zelfstandigheid. De fysieke geleidelijn is echter niet overal aanwezig. Op deze momenten is een visueel beperkte afhankelijk van navigatie via zijn of haar smartphone. De nauwkeurigheid van deze positionering laat de wensen over. Dit brengt de veiligheid van de gebruiker in het geding.

Als de veiligheid van de gebruiker niet gewaarborgd kan worden, heeft dit een directe invloed op de zelfstandigheid van de gebruiker. Er mag aangenomen worden dat een slechtziende nooit tegen zijn eigen veiligheid in zal handelen. Zonder de garantie van veiligheid is een gebruiker minder mobiel. Precisie positionering biedt de oplossing hiervoor. Een gebruiker heeft de bevestiging nodig dat zijn positie nauwkeurig bepaald is. Dit vertrouwen vergroot de mobiliteit, de zelfstandigheid wordt hierdoor bevorderd.

Hoofdstuk 4: Framing & Concept

Het hoofdstuk framing en concept behandelt het probleem vanuit het gebruikersperspectief. De conceptoplossing voor dit probleem komt ook aan bod. Een visueel beperkte wordt hier als gebruiker gezien, het probleem wordt behandeld vanuit het precisie positionering perspectief.

Binnen het concept zijn verschillende gedachtenstappen gezet. Per stap is er gekeken wat er aan apparatuur er aan informatie nodig is. Bij iedere stap is de inhoud beschreven en welke input en output er bij die stap aanwezig is. Aan de hand van dit stappenplan zijn de ontwerpeisen opgesteld. Deze ontwerpeisen bestaan uit zowel harde als zachte eisen.

4.1 Probleemdefinitie vanuit de gebruiker

De gebruiker wil kunnen navigeren zonder afhankelijk te zijn van anderen. Als hij aangeeft waar hij heen wil, dient er een route uitgezet te worden die de gebruiker kan volgen. De route die de gebruiker volgt dient om obstakels heen te gaan en dient de gebruiker over veilige wegen te sturen. Om dit te realiseren dient de locatie van de gebruiker tot op 50cm worden bepaald. Die nauwkeurigheid is genoeg om obstakels te lopen.

Binnen precisie positionering is het dus noodzakelijk dat de gebruiker de lijn moet kunnen volgen en op de lijn blijft om tot zijn of haar bestemming te komen.

4.2 Analogiën en gedachtenstappen

Het doel van het proces is het bepalen in hoeverre iemand tijdens het lopen afwijkt van de geplande route. Om een nauwkeurige locatie met behulp van Global Navigation Satellite Systems (GNSS) te bepalen is het nodig om ruwe data van satellieten te gebruiken en deze te corrigeren met behulp van basisstations.

De geplande route is afkomstig uit het referentiemodel, onderdeel routeplanning. De afwijking wordt doorgegeven aan een wearable, die de informatie op de beste manier aanbiedt aan de gebruiker. In figuur 4.1 is het hele schema van het project en de virtuele geleidelijn.

Bepalen benaderde locatie

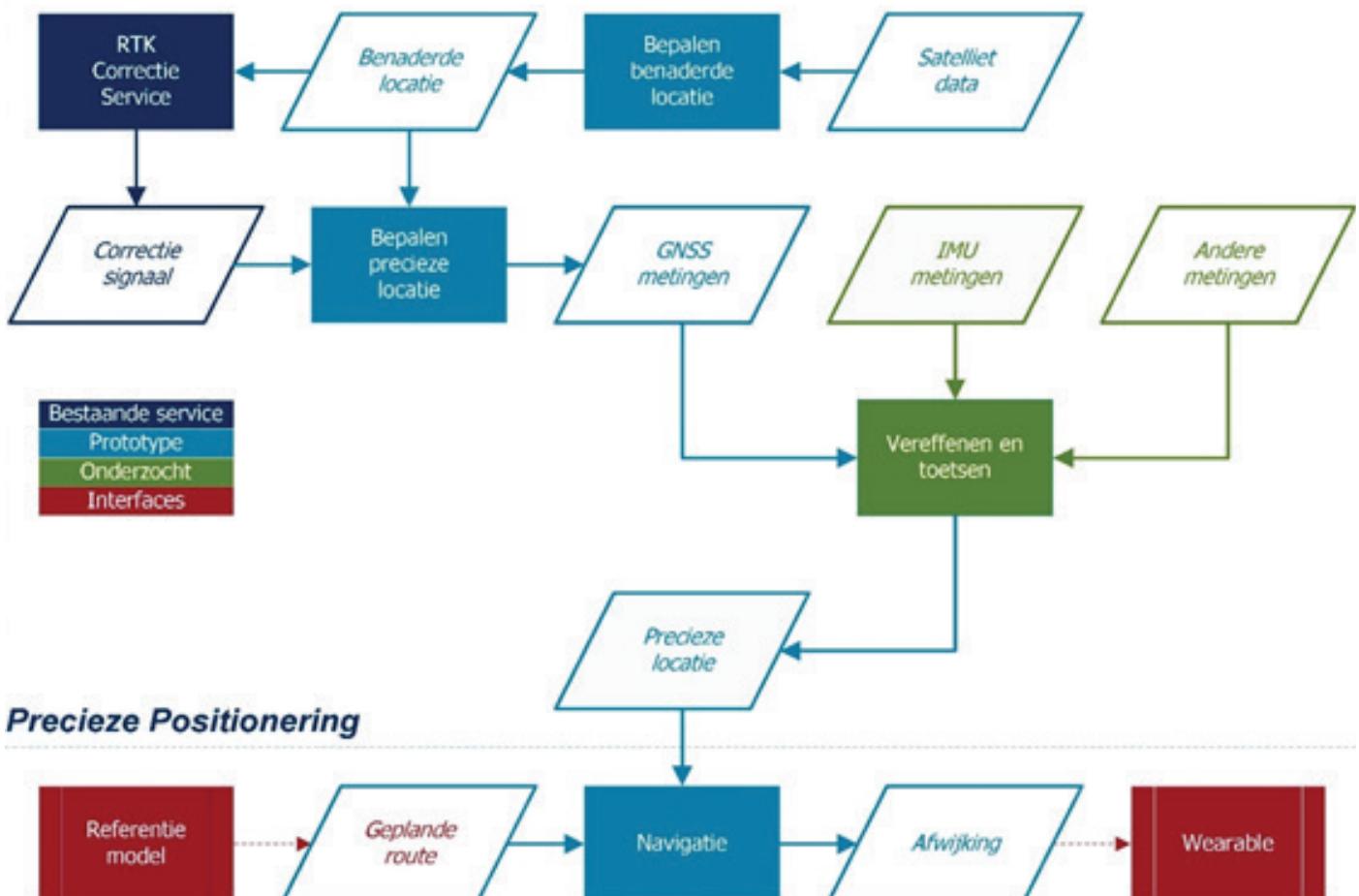
Voor het ontvangen van data van GPS (USA) en Glonass (Rusland) is gebruik gemaakt van een ontvanger van uBlox (M8T). De data wordt verzameld in een logbestand. Uit de ruwe data van deze satellieten wordt een benaderde positie bepaald.

- Input: ruwe data
- Output: benaderde locatie

RTK Correctie Service

NETPOS is een bestaande dienst van het Kadaster waarmee correctiesignalen voor een benaderde locatie bepaald worden. Deze dienst is voor intern gebruik voor Kadaster en Rijkswaterstaat. Er zijn ook commerciële aanbieders van vergelijkbare diensten.

- Input: Benaderde locatie
- Output: Correctiesignalen



Figuur 4.1 proces virtuele geleidelijn

Bepalen preciese locatie

Voor de verbinding met de RTK Correctieservice is gebruik gemaakt van een SIM-card voor specifiek gebruik van NETPOS. Met behulp van de benaderde locatie en de correctiesignalen kan een precieze locatie berekend worden. Hiervoor is open source software beschikbaar: RTKLIB.

- Input: Correctiesignalen, Benaderde locatie
- Output: GNSS-waarnemingen (gecorrigeerde locatie)

Vereffenen en toetsen

De precieze locatie is gebaseerd op GNSS. Daarnaast kunnen andere waarnemingen/metingen gebruikt worden voor aanvulling of correctie. Dit is van belang omdat niet overal een goede satellietontvangst beschikbaar is (urban canyons). Waarnemingen van Inertial Measurement Units (IMU), bestaande uit accelerometer, gyroscoop, kompas), geven een waardevolle aanvulling. Externe sensoren zoals iBeacons zijn minder nauwkeurig, maar kunnen en toegevoegde waarde hebben) (vooral indoor).

De verschillende waarnemingen hebben eigen standaardafwijkingen. Daarom is het van belang om het landmeetkundige principe van vereffenen en toetsen toe te passen. Simpel gesteld wordt er een gewogen gemiddelde bepaald in een aantal iteraties (vereffenen). Uitschieters kunnen gesigneerd en verwijderd worden (toetsen). Vervolgens wordt opnieuw vereffend.

- Input: Waarnemingen/metingen
- Output: Precieze locatie

Navigatie

De werkelijke (gemeten) locatie wordt vergeleken met een geplande route (virtuele geleidelijn). De afwijkingen zouden moeten worden doorgeven aan een wearable. Voor het prototype is een eigen user interface gemaakt. De geplande route zou afkomstig moeten zijn uit de routeplanning van het referentiemodel. Voor het prototype zijn de routes met behulp van GIS getekend.

- Input: Geplande route, Precieze locatie
- Output: Afwijking

4.3 Frame en visie op het probleem

Binnen het ontwerp is er gekozen voor het bouwen van een prototype en het onderzoeken van mogelijke vervolgstappen.

Het prototype maakt het mogelijk om real time feedback van de GNSS ontvanger te verwerken. Hierbij gaat het om het ontvangen en verwerken van precisie posities tot 50 cm. Het prototype laat zien dat het mogelijk is om op precisie niveau te navigeren. Het prototype bestaat uit twee onderdelen, de hardware en de software. De software verwerkt de meetgegevens en laat daarmee zien wat het volgende punt op de route is.

Het onderzoek ondersteunt het ontwerp. Er is gekozen voor het onderzoeken van iBeacons en vereffening omdat hiermee de precisie beter zou kunnen worden. Beide methoden kwamen naar voren bij het literatuuronderzoek en tijdens het gesprek met deskundigen.

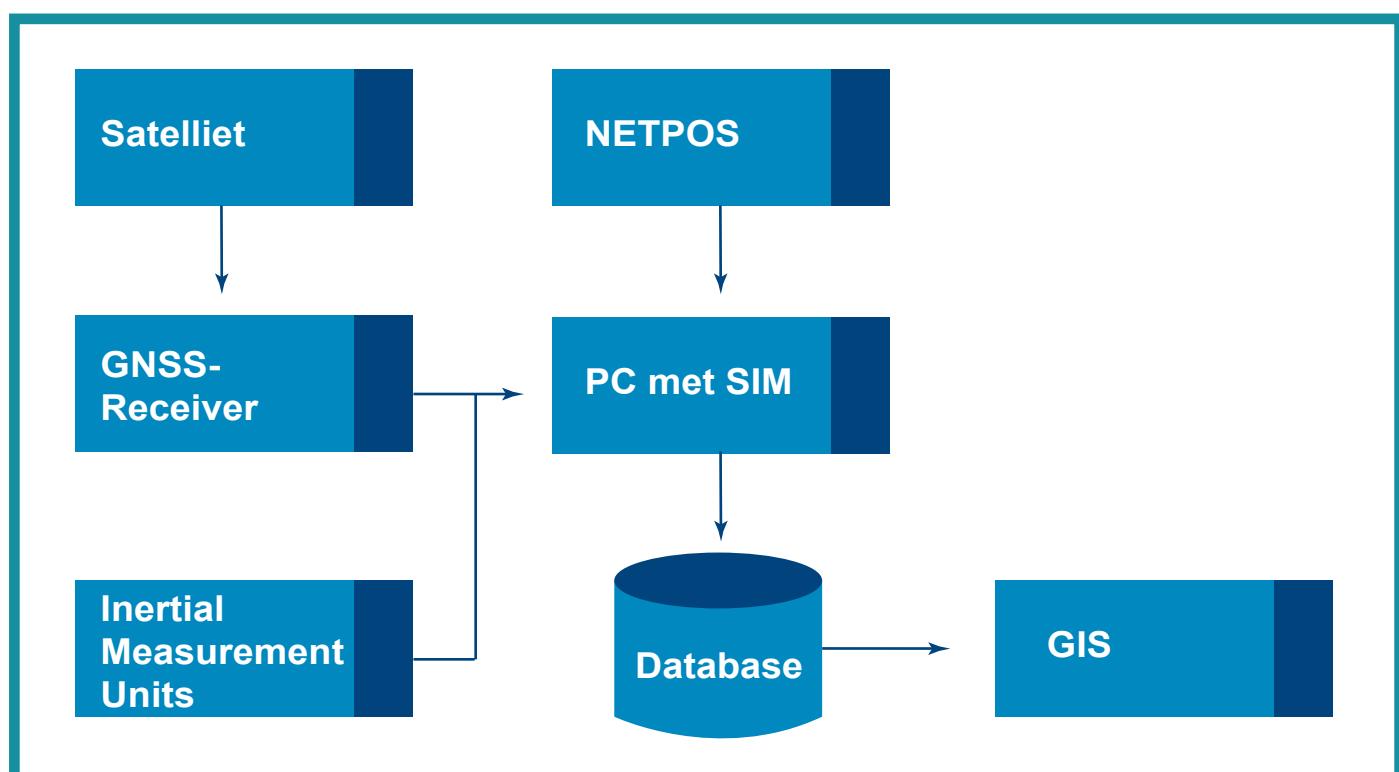
4.4 Ontwerpeisen

Onder GNSS verstaan we alle satellieten waarvan gebruik kan worden gemaakt. Dit kan het Amerikaanse systeem GPS zijn en het Russische systeem GLONASS. Deze systemen zenden een signaal uit waarmee een locatie kan worden bepaald. (EGNOS, 2015)

De antenne wordt gebruikt om de signalen van de GNSS op te vangen. Deze kan van verschillende formaten zijn. Antennes met een doorsnee vanaf 20 centimeter zijn in staat meerdere signalen op te vangen om daarmee een betere locatie te bepalen. De signalen die verstuurd worden door de GNSS hebben een golflengte van 20 centimeter, met een antenne met een diameter van 20 centimeter is de hele golflengte op te vangen. (GNSS Antennas | Inside GNSS, 2015)

De receiver ontvangt de signalen en verwerkt deze tot een locatie. De ruwe data die door de antenne wordt doorgestuurd wordt omgezet naar een locatie op de lengte- en breedtegraad. Het correctiesignaal van een basisstation wordt bepaald aan de hand van dezelfde satellieten. Per satelliet wordt berekend wat de afwijking is en deze kan worden verwerkt in de bepaling van de locatie. (Kadaster, 2013)

De computer verwerkt alle signalen en maakt er één locatie van. Met behulp van software wordt bepaald waar de gebruiker heen dient te lopen. De computer kan verschillende vormen hebben. Een voorbeeld van de computer zou een tablet kunnen zijn of een microprocessor.



Herhaling figuur 2.2 schematische weergave opstelling

Hoofdstuk 5: Ontwerp

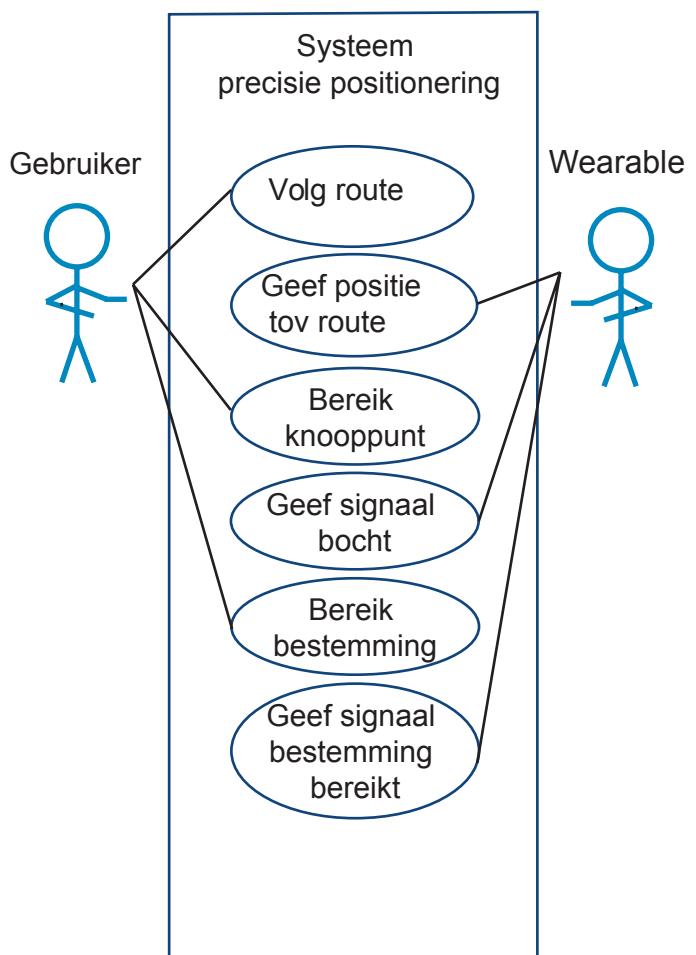
Het hoofdstuk ontwerp behandeld het ontwikkelde prototype. Alle gebouwde elementen en andere onderzoeken worden hierin beschreven inclusief gemaakte afwegingen en behaalde testresultaten.

In eerste instantie wordt er gekeken naar de verschillende processen. Dit gebeurt aan de hand van use case scenario's. In ieder scenario wordt er gekeken hoe het systeem inspeelt op de behoeften van de gebruiker van een virtuele geleidelijn.

In het tweede gedeelte van het hoofdstuk komen alle technische onderdelen van deze processen aan bod. Er is gekeken naar hoe een positie nauwkeurig bepaald kan worden, hoe er bepaald kan worden waar de gebruiker is ten opzichte van een lijn en wanneer een gebruiker een knooppunt bereikt. Ook de testopstelling van het prototype wordt hier uitgelegd.

5.1 Use Case Scenario's

Precisie positionering ten behoeve van een virtuele geleidelijn



Figuur 5.1 Use cases precisie positionering

Aan de hand van het concept en verschillende behoeften van de gebruiker is er een use case opgesteld (zie figuur 5.1). Op iedere behoeftte van de gebruiker dient het systeem te reageren. Er kan gezegd worden dat iedere behoeftte een eigen user story is waaran gewerkt wordt.

Het begint dat de gebruiker behoeft heeft dat zijn locatie bepaald wordt (tabel 5.1). Met een locatie kan de gebruiker een route volgen. Het systeem dient dan de positie van de gebruiker ten opzichte van de route te bepalen (tabel 5.2). Wanneer de gebruiker de route volgt zal die bij een knooppunt aankomen. Het systeem geeft dan aan dat de gebruiker een bocht moet maken (tabel 5.3). Als de gebruiker en het systeem alle stappen gevuld hebben komt de gebruiker bij zijn of haar bestemming aan. Het systeem communiceert dit (tabel 5.4).

Als gebruiker wil ik een lijn kunnen volgen zodat ik op de gewenste route blijf:

Naam	Volg route
Samenvatting	Een gebruiker dient een lijn te volgen om bij het volgende knooppunt te komen zodat hij of zij uiteindelijk bij de bestemming komt.
Actoren	Gebruiker
Beschrijving	De gebruiker volgt de lijn naar een knooppunt. Bij een knooppunt wordt de gebruiker naar de volgende lijn genavigeerd. Wanneer de gebruiker zijn bestemming bereikt krijgt hij of zij dit te weten.
Uitzondering	Indien er geen route is gekozen kan er ook geen lijn worden gevuld Indien er geen connectie is met GNSS, dan kan er geen lijn worden gevuld.
Resultaat	Door de lijn te volgen kan de gebruiker naar de bestemming worden gestuurd.

Tabel 5.1 Volg route

Als gebruiker wil ik weten aan welke kant van de lijn ik ben en hoever ik van de lijn loop, zodat ik veilig op de route kan blijven:

Naam	Positie ten opzichte van de lijn bepalen.
Samenvatting	Als gebruiker wil ik weten of ik links of rechts van de lijn loopt en hoe ver ik van de lijn loop, zodat ik veilig op de route blijf lopen.
Actoren	Gebruiker
Beschrijving	De gebruiker krijgt te weten wat zijn of haar afstand in meters is t.o.v. de huidige lijn. De gebruiker krijgt te weten of hij of zij links of rechts van de lijn loopt.
Uitzondering	Indien er geen route is gekozen kan er ook geen lijn worden gevuld. Indien er geen connectie is met de GNSS, dan kan er geen lijn worden gevuld.
Resultaat	De gebruiker blijft bij de lijn lopen.

Tabel 5.2 Positie ten opzichte van de lijn bepalen.

Als gebruiker wil ik weten wanneer ik moet reageren bij een knooppunt, zodat ik de volgende lijn kan volgen:

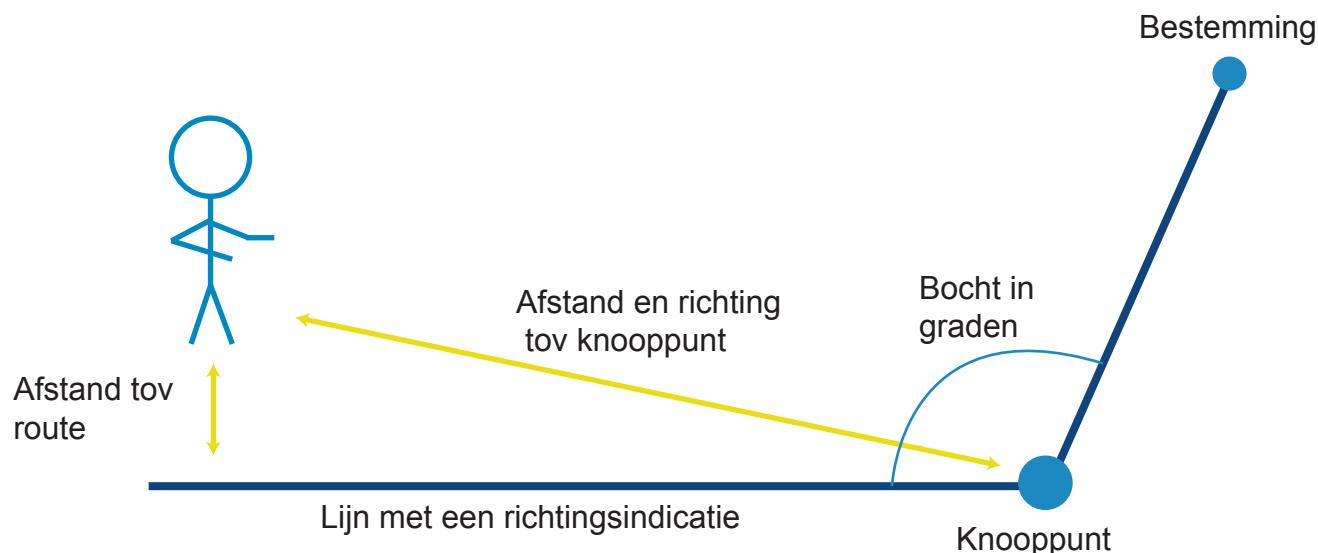
Naam	Bereik knooppunt
Samenvatting	De gebruiker krijgt de afstand tot het volgende knooppunt en de richting naar dit knooppunt door.
Actoren	Gebruiker
Beschrijving	De gebruiker krijgt een melding van een nieuwe lijn als hij of zij binnen de buffer (bijvoorbeeld 1 meter) van het eindpunt van de huidige lijn is. De gebruiker krijgt te weten of hij of zij een bocht naar links of rechts dient te nemen. De gebruiker krijgt te weten hoeveel graden de bocht is.
Uitzondering	Indien er geen route is gekozen kan er ook geen lijn worden gevuld. Indien er geen connectie is met de GNSS, dan kan er geen lijn worden gevuld.
	Indien de gebruiker niet binnen de buffer bij het knooppunt is, wordt er niet doorgegeven welke richting de volgende lijn ligt.
Resultaat	De gebruiker kan een bocht nemen en overgaan op de volgende lijn.

Tabel 5.3 Bereik knooppunt

Als gebruiker wil ik weten of ik mijn bestemming heb bereikt zodat ik weet waar het einde van de route is:

Naam	Bereik bestemming
Samenvatting	Indien de bestemming is bereikt, dient de gebruiker op de hoogte gesteld te worden.
Actoren	Gebruiker
Beschrijving	De gebruiker loopt naar het einde van een route.
	De gebruiker krijgt binnen de buffer (bijvoorbeeld 1 meter) bij het eindpunt te weten dat hij of zij de bestemming bereikt heeft.
Uitzondering	Indien er geen route is gekozen kan er ook geen lijn worden gevuld.
	Indien er geen connectie is met de GNSS, dan kan de bestemming niet worden vastgesteld.
Resultaat	De gebruiker heeft de bestemming van de route bereikt en bevat dit.

Tabel 5.4 Bereik bestemming



Figuur 5.2 Illustratie verschillende elementen

De combinatie van acties wordt in figuur 5.2 toegelicht. Voor de gebruiker wordt de afstand ten opzichte van de lijn, de afstand tot het knooppunt en de bocht in graden ($^{\circ}$) bepaald. Wanneer de gebruiker zich op de laatste lijn bevindt, wordt de afstand ten opzichte van het eindpunt (knooppunt) bepaald.

5.2 U-blox

Het Kadaster doet al enige tijd experimenten met een u-blox als GNSS-receiver. Zo is bijvoorbeeld een u-blox gebruikt bij het inmeten van bospaden. De voordelen van een u-blox zijn het formaat en gewicht, waardoor deze gemakkelijk meegenomen kan worden, en zijn hoge nauwkeurigheid.

De afdeling Geodetische Referentie Stelsel (GRS) van het Kadaster is verantwoordelijk voor de instandhouding en optimalisatie van de geometrische infrastructuur van Nederland en heeft specialistische kennis in huis over de u-blox en hoe deze gebruikt kan worden om nauwkeurig te meten.

Hypothese

Met behulp van een u-blox als GNSS-receiver kan er een gemiddelde nauwkeurigheid van 50 centimeter worden behaald.

Werking

Om zijn positie te weten moet een GNSS-receiver een verbinding hebben met minimaal 4 GPS of GLONASS-satellieten. In Urban Canyons is dit lastig te bereiken, omdat hoge gebouwen dit satellietsignaal kunnen tegenhouden; hierdoor zijn er vaak te weinig satellietsignalen beschikbaar.

De u-blox NEO-7P is een GNSS-receiver die signalen van GPS-satellieten of GLONASS-satellieten kan omzetten naar Raw Data. Deze gegevens kunnen met een PC worden uitgelezen en bijvoorbeeld in een GIS-omgeving worden gezet. Het nadeel aan de u-blox NEO-7P is dat deze alleen GPS-satellieten of GLONASS-satellieten herkent. Dit betekent dat er te altijd 4 GPS-satellieten of 4 GLONASS-satellieten beschikbaar moeten zijn om een positie door te krijgen. Zodra er niet alleen van GPS-satellieten, maar ook gelijktijdig van GLONASS-satellieten gebruik kan worden gemaakt zal de u-blox minder snel zijn signaal verliezen. Het vasthouden van een signaal is essentieel voor een constante hoge nauwkeurigheid. Des te langer een signaal wordt vastgehouden des te nauwkeuriger het signaal wordt.

Om het verlies van signalen te beperken, is er ook gekeken naar een u-blox die gelijktijdig GPS- en GLONASS-signalen kan ontvangen (Concurrent GNSS). De u-blox moet minimaal de volgende eisen hebben: Concurrent GNSS & Raw Data leveren. Een overzicht van de verschillende modellen staan in figuur 5.4.

Aan de hand van dit schema is de u-blox NEO-M8T aangeschaft, omdat deze voldoet aan de minimale eisen.

Dankzij Concurrent GNSS wordt het aantal bruikbare satellieten bijna verdubbeld (27 GPS-satellieten, 24 GLONASS-satellieten) (GPS Space Segment, 2015) (GLONASS Constellation Status, 2015). De kans dat het minimaal aantal satellieten niet beschikbaar is, wordt hierdoor kleiner dan wanneer er alleen gebruik wordt gemaakt van GPS of GLONASS. Daarnaast hebben metingen met de u-blox NEO-M8T minder last van signaalverlies dan metingen met de NEO-7P.



Figuur 5.3 Meting met alleen GPS (links) en meting GPS en GLONASS (rechts)

Conclusie

Uit de metingen kan worden geconcludeerd dat wanneer er wordt gemeten met verschillende GNSS tegelijkertijd, er een hogere nauwkeurigheid wordt bereikt. Ook zijn de metingen met meerdere GNSS constanter. Een GNSS-receiver als de NEO-M8T, die zowel GPS als GLONASS-satellieten kan ontvangen, zal minder snel zijn signaal kwijtraken dan een GNSS-receiver die enkel GPS of GLONASS ontvangt. Daarnaast heeft de NEO-M8T een beduidend lagere afwijking dan de NEO-7P.

Voor alle meetresultaten zie de paragraaf Testopstelling en testresultaten.

Model	Type	Supply	Interfaces	Features	Grade
	GPS / QZSS GLONASS Galileo BeiDou Timing Dead Reckoning Precise Point Positioning Raw data	Concurrent GNSS 1.65 V - 3.6 V 2.7 V - 3.6 V Lowest power (DC/DC)	UART USB SPI	I2C (IFC compliant) Programmable (Flash) Data logging Additional SAW Additional LNA RTC crystal Internal oscillator Active antenna / LNA supply Active antenna / LNA control Antenna short circuit detect / protect pin Antenna open circuit detection pin Frequency output	Standard Professional Automotive Space
Timing and raw data modules					
LEA-M8F	• • R • •	•	•	• • • • V • P •	70
NEO-M8T	• • R • •	• •	• • •	• • • • • T o o	72
LEA-M8T	• • R • •	• •	• • •	• T • • • o	72
Precise positioning modules					
NEO-7P	• •	• •	• •	• C o o o	76

Figuur 5.4 u-blox modellen (U-Blox, 2015)

5.3 Real-time Kinematic

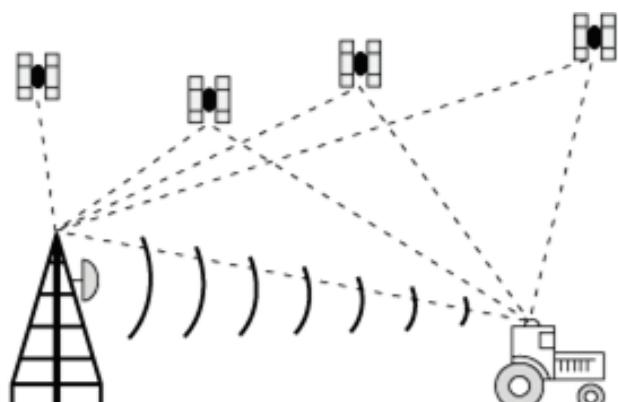
Real-time kinematic (RTK) is de handeling die wordt gedaan om het ontvangen signaal preciezer te maken door middel van correctiesignalen. Omdat er veel verschillende fouten zitten in een meting met enkel GNSS-signalen wordt er vaak gebruik gemaakt van RTK. Door middel van RTK kunnen de fouten van een GNSS worden berekend, waardoor de meting tot centimeterprecisie wordt gebracht. (Muller, Kroll, Lindiger, Pfusterschmied, & Stoggl, 2015)

Hypothese

Met behulp van een RTK-correctiesignaal worden de systematische afwijkingen voldoende gefilterd.

Werking

Real-Time Kinematic maakt gebruik van een correctiesignaal. Het correctiesignaal wordt bepaald aan de hand van een GNSS-ontvanger met een vaste locatie, een basisstation. De locatie van de GNSS-ontvanger wordt precies ingemeten. Het verschil dat de GNSS-ontvanger op dat moment ten opzichte van zijn eigen locatie krijgt is de hoeveelheid die er gecorrigeerd dient te worden. Dit correctiesignaal wordt verstuurd door het basisstation. Met deze kennis en de data van het GNSS-basisstation kan een foutmarge per satelliet worden berekend. Wanneer deze foutmarge wordt doorgestuurd naar een andere (bewegende) ontvanger, kan er met deze kennis preciezer worden berekend waar iemand staat.



Figuur 5.5 Locatie bepaling met GNSS en correctiesignalen

Om een precisie van enkele centimeters te halen dient er dus gebruik te worden gemaakt van een basisstation. Het basisstation zendt via een draadloze verbinding een correctiesignaal uit naar een mobile ontvanger. Het is mogelijk om zelf een basisstation op te zetten of om gebruik te maken van een basisstation van andere partijen. Er is de keus om zelf een eenmalige investering te doen voor het bouwen van een basisstation, of om een abonnement af te sluiten bij een serviceleverancier van basisstations. Voor de beste werking van het basisstation dient er binnen 10 km een basisstation te staan. (Schans, Jukema, Klooster, & Molenaar, 2008)

Conclusie

Om een positie zo precies mogelijk te kunnen inmeten is Real-Time Kinematic noodzakelijk. Door het correctiesignaal van de basisstations is het mogelijk om op centimeterprecisie te meten. Dit maakt het geschikt voor het gebruik bij de Virtuele Geleidelijn.

5.4 Testopstelling en Testresultaten

Voor het project De Virtuele Geleidelijn is precisie positionering een vereiste. Om een hoge nauwkeurigheid van metingen te waarborgen zijn er met verschillende opstellingen testen uitgevoerd. Door deze opstellingen met elkaar te vergelijken kan er worden gekeken of er een precisie haalbaar is die voldoende is voor een virtuele geleidelijn.

Hypothese

Metingen waarbij er gebruik wordt gemaakt van zowel GPS als GLONASS samen met Real Time Kinematics (NETPOS) en een antenne met een diameter van minimaal 20 centimeter zullen het meest nauwkeurig zijn.

Apparatuur

- U-blox EVK-7P (NEO-7P chip)
- U-blox EVK-M8T (NEO-M8T chip)
- Topcon PG-A1 (Professionele antenne)
- Taoglass Dominator AA.161 (Consumer-grade antenne)
- NETPOS als referentiestation voor het gebruik van RTK



Figuur 5.6 Testopstelling A tussen gebouwen.

GNSS-receivers, zoals landmeters gebruiken, zijn niet in het onderzoek meegenomen in verband van de hoge kosten, het gewicht en de omvang waardoor ze in een mobiele situatie niet bruikbaar zijn, en de tijdsduur die nodig is voor een meting.

Testopstelling

Ter vergelijking van de testresultaten zijn twee testlocaties met een landmeter ingemeten. Vanwege zijn hoge nauwkeurigheid (afwijking van maximaal 2 centimeter) worden de ingemeten punten gezien als de absolute waarheid in deze tests. Testopstelling A bestaat uit twee ingemeten punten in een Urban Canyon dit simuleert een stedelijk gebied. Testopstelling B bestaat uit vier ingemeten punten op een parkeerplaats waar de lucht niet wordt geblokkeerd.

Binnen deze testopstelling zijn er verscheidene test uitgevoerd:

- Het verschil tussen een professionele antenne en een consumer-grade antenne.
- Het verschil in precisie tussen het gebruik met RTK en het gebruik zonder RTK.
- Het verschil tussen Single GNSS en Concurrent GNSS i.e. het gebruik van alleen GPS en het gebruik van GPS in combinatie met GLONASS.

Resultaten van deze tests worden in een GIS-omgeving vergeleken met de ingemeten punten van de landmeter om de onderlinge verschillen te berekenen ten opzichte van de ingemeten lijn. ►

Testscenario

Voor het testen zijn er met verschillende antennes en verschillende receivers over de testlijnen. Voor het testen zijn er met verschillende antennes en verschillende receivers over de testlijnen gelopen. Vanaf het beginpunt wordt er gelopen naar het volgende punt op de lijn. Tijdens het lopen wordt er wanneer er een positie binnenkomt een coördinaat geplot. De afstand tussen het coördinaat en de lijn wordt bepaald met behulp van GIS en daarna verwerkt in een tabel.

Niet van alle scenario's is een gelijk aantal metingen, dit heeft onder andere te maken met

het wel of niet succes van vorige metingen. Ook zijn er een aantal metingen afgekeurd. Dit is gebeurd bij de verwerking in GIS. Redenen voor afkeuring zijn bijvoorbeeld een gebrek aan ontvangen coördinaten (zie figuur 5.7). Ook is het voorgekomen dat er achteraf de conclusie getrokken is dat er verkeerde instellingen gebruikt zijn. Doordat metingen verschillende aantal ontvangen coördinaten bevatten zijn de gemiddelde percentages weggelaten.



Figuur 5.7 Aangekeurde meting

Testresultaten

Vergelijking Consumer-grade antenne met professionele antenne

Tabel 5.5 EVK-7P + Taoglas antenne op testopstelling A

Datum	Min. afwijking (m)	Max. afwijking (m)	Gem. afwijking (m)	Percentage binnen 0,5 meter
07-10-15	3,02	9,7	6,5	0%
22-10-15	10,78	14,65	12,8	0%
22-10-15	0,12	8,5	3,87	4%
Gemiddelde	4,64	10,95	7,723333	

Tabel 5.6 EVK-7P + Topcon antenne op testopstelling A

Datum	Min. afwijking (m)	Max. afwijking (m)	Gem. afwijking (m)	Percentage binnen 0,5 meter
15-10-15	5,48	8,28	7,02	0%
22-10-15	4,01	7,37	5,45	0%
22-10-15	1,78	7,52	4,58	0%
27-10-15	0,48	3,07	1,58	2%
Gemiddelde	2,9375	6,56	4,6575	

Tabel 5.7 EVK-7P + Taoglas antenne op testopstelling B

Datum	Min. afwijking (m)	Max. afwijking (m)	Gem. afwijking (m)	Percentage binnen 0,5 meter
07-10-15	0,01	3,72	1,31	33%
15-10-15	0,01	2,37	1,26	12%
22-10-15	0,12	1,94	0,88	20%
22-10-15	0	1,88	0,72	42%
22-10-15	0	4,7	1,61	39%
Gemiddelde	0,028	2,922	1,156	

Tabel 5.8 EVK-7P + Topcon antenne op testopstelling B

Datum	Min. afwijking (m)	Max. afwijking (m)	Gem. afwijking (m)	Percentage binnen 0,5 meter
15-10-15	0,08	2,9	0,89	40%
22-10-15	0,07	1,48	0,84	16%
22-10-15	0	1,61	0,48	62%
22-10-15	0,02	4,7	1,67	21%
27-10-15	0,03	1,87	0,48	60%
04-11-15	0,01	3,64	1,63	17%
Gemiddelde	0,035	2,7	0,998333	

De gemiddelde afwijkingen met de Topcon antenne zijn kleiner dan de Taoglass, ook komen incidentele blunders minder vaak voor. Metingen met de Topcon antenne hebben hierdoor een hogere precisie en betrouwbaarheid.

Vergelijking gebruik van RTK en geen gebruik van RTK

Herhaling tabel 5.6 EVK-7P + Topcon antenne op testopstelling A

Datum	Min. afwijking (m)	Max. afwijking (m)	Gem. afwijking (m)	Percentage binnen 0,5 meter
15-10-15	5,48	8,28	7,02	0%
22-10-15	4,01	7,37	5,45	0%
22-10-15	1,78	7,52	4,58	0%
27-10-15	0,48	3,07	1,58	2%
Gemiddelde	2,9375	6,56	4,6575	

Tabel 5.9 EVK-7P + Topcon antenne op testopstelling A met NETPOS

Datum	Min. afwijking (m)	Max. afwijking (m)	Gem. afwijking (m)	Percentage binnen 0,5 meter
27-10-15	0,01	3,89	0,79	62%
29-10-15	1,55	5,76	3,48	0%
03-11-15	0,41	12,07	7,36	5%
03-11-15	0,17	14,22	4,82	6%
04-11-15	6,48	13,75	9,43	0%
Gemiddelde	1,724	9,938	5,176	

Herhaling tabel 5.8 EVK-7P + Topcon antenne op testopstelling B

Datum	Min. afwijking (m)	Max. afwijking (m)	Gem. afwijking (m)	Percentage binnen 0,5 meter
15-10-15	0,08	2,9	0,89	40%
22-10-15	0,07	1,48	0,84	16%
22-10-15	0	1,61	0,48	62%
22-10-15	0,02	4,7	1,67	21%
27-10-15	0,03	1,87	0,48	60%
04-11-15	0,01	3,64	1,63	17%
Gemiddelde	0,035	2,7	0,998333	

Tabel 5.10 EVK-7P + Topcon antenne op testopstelling B met NETPOS

Datum	Min. afwijking (m)	Max. afwijking (m)	Gem. afwijking (m)	Percentage binnen 0,5 meter
21-10-15	0,05	3,3	0,72	61%
27-10-15	0,08	3,2	0,87	31%
03-11-15	0	4,13	1,18	21%
03-11-15	0,02	5,08	1,02	52%
04-11-15	0,04	1,3	0,39	80%
04-11-15	0	4,25	1,15	46%
04-11-15	0,01	2,88	0,75	56%
05-11-15	0,01	2	0,6	80%
19-11-15	0,02	6,39	0,81	70%
Gemiddelde	0,025556	3,614444	0,832222	

Bij metingen waarbij er gebruik wordt gemaakt van RTK (NETPOS) is de systematische afwijking vele malen kleiner dan de metingen zonder RTK. We spreken hier van metingen met een hogere juistheid. Dit is te zien aan het percentage gemeten punten dat binnen de 0,5 meter vallen. Dit percentage is bij metingen met RTK hoger dan metingen zonder RTK.

Figuur 5.8 Testopstelling B open locatie



Vergelijking single GNSS met concurrent GNSS

Herhaling tabel 5.9 EVK-7P + Topcon antenne op testopstelling A met NETPOS

Datum	Min. afwijking (m)	Max. afwijking (m)	Gem. afwijking (m)	Percentage binnen 0,5 meter
27-10-15	0,01	3,89	0,79	62%
29-10-15	1,55	5,76	3,48	0%
03-11-15	0,41	12,07	7,36	5%
03-11-15	0,17	14,22	4,82	6%
04-11-15	6,48	13,75	9,43	0%
Gemiddelde	1,724	9,938	5,176	

Tabel 5.11 Neo-M8T + Topcon antenne op testopstelling A met NETPOS

Datum	Min. afwijking (m)	Max. afwijking (m)	Gem. afwijking (m)	Percentage binnen 0,5 meter
02-12-15	0,12	4,48	1,91	4%
03-12-15	0,02	3,8	1	32%
22-12-15	0,05	0,82	0,55	33%
22-12-15	0,1	2,97	1,1	3%
22-12-15	0,32	2,33	1,19	8%
22-12-15	0,15	1,41	0,65	40%
Gemiddelde	0,126667	2,635	1,066667	

Herhaling tabel 5.10 EVK-7P + Topcon antenne op testopstelling B met NETPOS

Datum	Min. afwijking (m)	Max. afwijking (m)	Gem. afwijking (m)	Percentage binnen 0,5 meter
21-10-15	0,05	3,3	0,72	61%
27-10-15	0,08	3,2	0,87	31%
03-11-15	0	4,13	1,18	21%
03-11-15	0,02	5,08	1,02	52%
04-11-15	0,04	1,3	0,39	80%
04-11-15	0	4,25	1,15	46%
04-11-15	0,01	2,88	0,75	56%
05-11-15	0,01	2	0,6	80%
19-11-15	0,02	6,39	0,81	70%
Gemiddelde	0,025556	3,614444	0,832222	

Tabel 5.12 Neo M8T+ Topcon antenne op testopstelling B met NETPOS

Datum	Min. afwijking (m)	Max. afwijking (m)	Gem. afwijking (m)	Percentage binnen 0,5 meter
02-12-15	0,01	1,98	0,84	28%
02-12-15	0	1,91	0,51	62%
02-12-15	0,02	2,36	0,55	52%
02-12-15	0	1,04	0,41	67%
03-12-15	0	1,59	0,27	84%
08-12-15	0,01	2,94	0,82	62%
Gemiddelde	0,006667	1,97	0,566667	

Metingen met Concurrent GNSS hebben een hogere juistheid, het effect van systematische afwijkingen zijn minder groot dan met Single GNSS. Ook zijn de maximale afwijkingen en gemiddelde afwijkingen kleiner dan bij Single GNSS.

Conclusie

Metingen met de Topcon antenne leveren kleinere afwijkingen op dan metingen met de Taoglass antenne. De gemiddelde afwijking met de Topcon antenne is 1,52 meter kleiner dan metingen met de Taoglass antenne. Ook hebben de blunders een kleiner impact op de metingen, maximale afwijkingen zijn namelijk kleiner met de Topcon antenne.

Zodra er gebruik wordt gemaakt van RTK, wordt de systematische afwijking vele malen kleiner. Het percentage gemeten punten dat binnen de 0,5 meter valt stijgt hierdoor aanzienlijk. Met behulp van een GNSS-receiver die zowel GPS als gelijktijdig GLONASS kan ontvangen stijgt dit percentage verder. Het gebruiken van Concurrent GNSS heeft ook als effect dat de maximale afwijking en gemiddelde afwijking van een meting kleiner zullen zijn.

Metingen waarbij deze drie technieken gecombineerd worden (Topcon antenne + RTK + Concurrent GNSS) hebben de hoogste nauwkeurigheid en betrouwbaarheid. Bij testopstelling A is er een gemiddelde afwijking behaald van 1,06 meter en bij testopstelling B is er een gemiddelde afwijking behaald van 0,57 meter. Het combineren van deze drie technieken is essentieel voor een nauwkeurige en betrouwbare meting.

5.5 Software

Voor het project Virtuele geleidelijn – Precisie positionering is een belangrijk deel van de benodigde functionaliteit gerealiseerd in een prototype (software). Deze software maakt het mogelijk om de gebruiker naar de gewenste eindbestemming te leiden en de gebruiker te corrigeren.

In de bijlagen 2,3 en 4 staan de bijhorende stroomdiagrammen hoe de processen binnen de software lopen. Dit hoofdstuk geeft op een chronologische volgorde een tekstuele uitleg over de functionaliteiten binnen de software. In het ontwerp is uitgegaan van het gebruik van

open source componenten, zodat in de toekomst geen belemmeringen zijn voor een verdere ontwikkeling. De data voor plaatsbepaling en navigatie wordt lokaal opgeslagen, zodat de afhankelijkheid van draadloze communicatie minimaal is.

Het prototype is in de programmeertaal Python gerealiseerd. Deze ontwerpkeuze is gemaakt omdat er binnen de GIS-wereld veel met Python wordt gewerkt en daardoor libraries beschikbaar zijn. Door voor Python te kiezen kan eenvoudig gebruik gemaakt worden van bestaande functionaliteiten.

Specificaties

Software	Versie	Architectuur
Python	3.5	32-bit
Haversine	0.4.4	n.v.t
Sqlite3.exe	3.9.2	32 bit
Mod_spatialite.dll	4.3.0	32 bit
Spatialite_gui.exe	1.7.1	n.v.t

Configuratie

Configuratie is een belangrijk aspect binnen de software. Een snel aanpasbare configuratie zorgt voor meer mogelijkheden bij het testen en verbeteren van de software. Een op zichzelf staande configuratie maakt het ook mogelijk om instellingen aan te passen aan de individuele eisen van een gebruiker, zonder dat de code van de software hiervoor aangepast dient te worden. Hierdoor is de keuze gemaakt voor een apart configuratiebestand; dit bestand wordt als eerste door de software aangesproken.

Database

De software vereist een database met de geplande routes. Op deze routes worden later de berekeningen gedaan om de gebruiker te navigeren van begin tot eind.

Voor de database van het prototype is er gekozen voor SQLite. Dit is een softwarepakket dat geïmplementeerd kan worden in een zelfstandige applicatie. Een verbinding met een server is hierbij niet nodig. Dit is zeer geschikt om lokaal een route op te slaan om zo internetverkeer te besparen. (SQLite, sd)

Om routes toe te voegen aan de database en zo bruikbaar te maken binnen het prototype wordt er gebruik gemaakt van de spatialite-gui. Met deze gebruikersinterface is het mogelijk om .shp bestanden te importeren en zo de geometrische objecten en bijhorende attributen op te slaan. (Alessandro, 2014)

De database wordt uitgebreid met de library van spatialite. Dit pakket is in staat om geometrische relaties tussen objecten te bepalen. (Furieri, sd)

Binnen het ontwerp worden .shp bestanden gebruikt omdat dit een efficiënte manier is voor het aanmaken van routes in de vorm van multi-lines (Zie woordenlijst). Op termijn kan gebruik van een open standaard als GeoPackage (.gpkg) overwogen worden.

Graphical User Interface

De GUI van de software regelt de interactie met de testers en geeft de output van de berekeningen weer. Allereerst zal de interface een menu met alle beschikbare routes uit de database weergeven. De software zal nu wachten op een keuze van de gebruiker. Als de gebruiker een route kiest zal de software de gekozen route ophalen en wachten op coördinaten van RTKLIB. Zie bijlage 5 voor een schematische weergave van de GUI.

Route in lijnen

De software vereist dat een route is opgedeeld in rechte lijnen. Deze ontwerpkeuze is gemaakt omdat het berekenen per lijn efficiënter is dan de berekeningen te doen voor de gehele route. Aan de hand van de coördinaten van de gebruiker zal de software bepalen welke lijn van toepassing is en de gebruiker langs deze lijn geleiden.

Referentiepunten

Om de afstand van de gebruiker t.o.v. de huidige lijn van de route te bepalen worden er referentie punten gebruikt. Dit zijn punten tussen het begin- en eindpunt van de lijn. De software zal altijd het dichtstbijzijnde referentiepunt pakken op de lijn. Om het benodigde referentiepunt zo efficiënt mogelijk te vinden

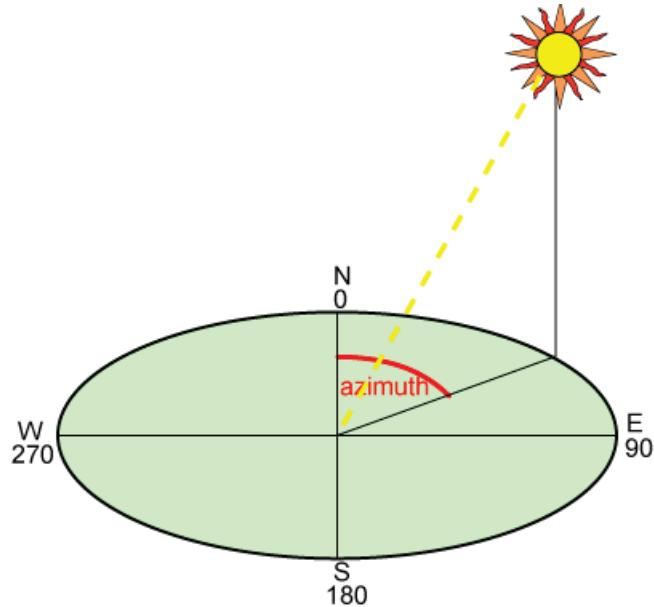
wordt er gebruik gemaakt van een recursieve halveringsmethode (Weisstein, sd). Voor meer informatie over hoe deze methode werkt binnen de software, zie bijlage 3. Om afstand te berekenen wordt de cosinus haversine formule gebruikt (Robusto, 1957).

Huidige positie

De output van RTKLIB wordt weg geschreven in een .log bestand. Elke seconde wordt er een nieuwe regel geschreven met het gemeten coördinaat waar aangegeven wordt waar de gebruiker is. De software leest deze coördinaten uit en voert daar de berekeningen op uit. Bij een nieuw coördinaat zal het proces worden herhaald.

Richting bepalen

De software bepaald in welke richtingen de lijnen staan. Dit gebeurt met het coördinatenstelsel van North-Azimuth. De keuze hieroor is gemaakt, omdat deze waarden overeenkomen met de waarden van een kompas. Dit maakt het mogelijk om in de toekomst berekeningen te doen met een kompas, zonder daar waarden voor te hoeven veranderen.



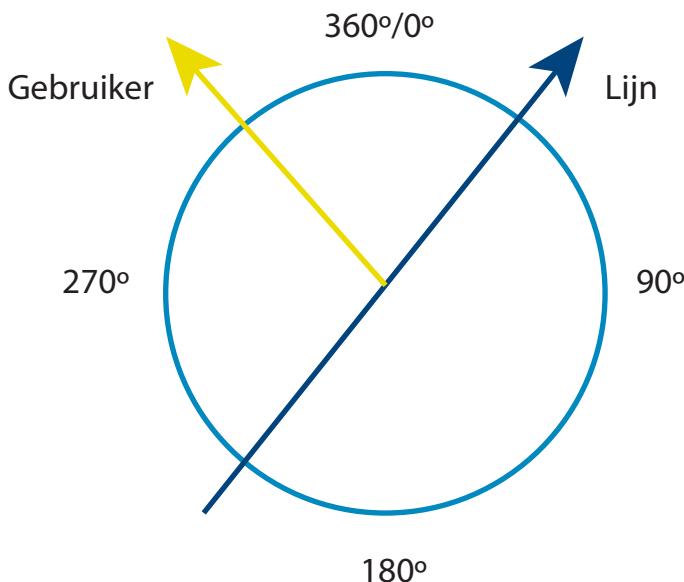
Figuur 5.9 North Azimuth stelsel

De software bepaalt:

- De richting van de huidige lijn.
- De richting van de gebruiker tot het einde van de huidige lijn.
- De richting van het dichtstbijzijnde referentiepunt tot de positie van de gebruiker.

Kant van lijn bepalen.

Omdat de richtingen waarin de gebruiker loopt bekend is, kan er berecneerd worden of de gebruiker links of rechts van de lijn staat. Deze berecnering kijkt hoe de graden links en rechts van de lijn verdeeld zijn. Voor meer informatie zie bijlage 4.



Figuur 5.10 Kant van de lijn bepalen.

Richting eind lijn

De software berekent de richting vanuit de positie van de gebruiker tot het einde van de huidige lijn. Deze richting wordt omgezet naar een pijl in de GUI om weer te geven welke richting de gebruiker dient te lopen. Deze keuze is gemaakt omdat een persoon zich beter kan oriënteren wanneer hij of zij een vast punt heeft om naartoe te lopen. Deze informatie moet in een geïntegreerde oplossing naar een wearable doorgeven worden.

Veranderen van lijn

Wanneer de gebruiker het einde van een lijn heeft bereikt, zal de software naar de volgende lijn gaan. Omdat het coördinaat van de gebruiker bijna nooit gelijk zal zijn aan het coördinaat van het einde van de lijn, is er gekozen om een buffer te trekken om het eindpunt. De radius in meters van deze buffer wordt gedefinieerd in het configuratiebestand. Wanneer de gebruiker zich in deze buffer bevindt, zal het programma overgaan naar de volgende lijn. Vervolgens berekent de software welke richting de volgende lijn is en de hoek van de bocht welke wordt doorgegeven aan de gebruiker.

Blunders

Nadat de software een nieuw coördinaat heeft uitgelezen zal er worden gecontroleerd of de nieuwe positie realistisch is. In het configuratie bestand staat een maximaal toelaatbare afstand die per seconde afgelegd mag worden. Als deze op 2 meter per seconde staat zal de software geen coördinaten behandelen die deze snelheid overschrijdt. Deze posities zullen worden genegeerd en als blunder worden beschouwd.

5.6 Onderzoek iBeacons

In een open omgeving zijn er veel satellieten beschikbaar. Dit maakt het eenvoudig om een accurate positie te vinden. Gebouwen kunnen het signaal van een satelliet blokkeren, daarnaast kunnen ze een signaal ook weerkaatsten met als gevolg dat de nauwkeurigheid van het signaal verminderd wordt. Binnen een Indoor-omgeving ervaart de iBeacon veel storing van muren en personen, dit zou in een outdoor-omgeving minder problemen kunnen opleveren. Er is gekeken of de meetresultaten binnen Urban Canyons verbeterd konden worden met iBeacons.

Hypothese

Door datafusie van iBeacons en GNSS-satellieten zou in een Urban Canyon de nauwkeurigheid van de positionering toenemen.

Werking

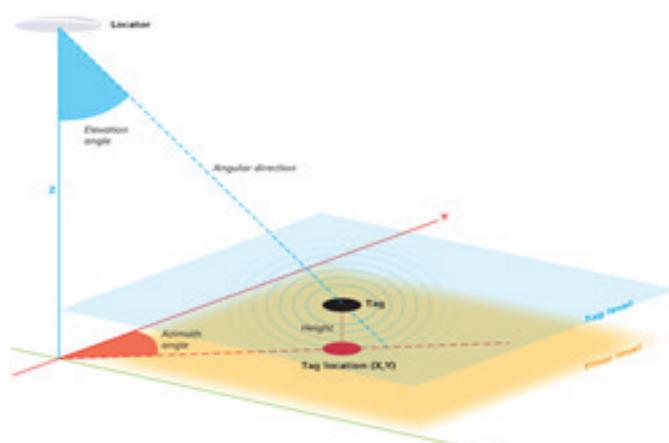
iBeacons worden veelal gebruikt voor indoor navigatie. iBeacons zenden Bluetooth signalen uit over een 2.4 mHz frequentie. Een smart device kan deze signalen ontvangen en een schatting maken van de afstand tot een iBeacon (Apple, 2015). Op basis van trilateratie (driehoeksmeting) kan er een locatie bepaald worden met iBeacons.

De signalen die door iBeacon verstuurd worden, worden verstuurd via Bluetooth low energy. Het energieverbruik is laag en het signaal is zwak, een iBeacon kan drie jaar lang functioneren op een knoopcel batterij (Aisle-labs, 2015). Dit maakt ze geschikt om op moeilijk bereikbare plekken op te hangen voor langdurig gebruik. De zwakte van het low energy

signaal zorgt er echter voor dat nauwkeurigheid aan precisie positionering verloren gaat. Hier zijn iBeacons niet voor ontwikkeld. De iBeacon is in eerste instantie ontwikkeld om pushberichten te sturen naar bezoekers van een winkel. Nauwkeurigheid speelt hier een kleine rol, het doel is om vast te stellen of een gebruiker in de winkel aanwezig is (iculture, 2015).

Op basis van Received Signal Strength Indication (RSSI) zullen iBeacons een nauwkeurigheid van ongeveer 2 meter halen (Arentze, 2015). Mocht de precisie van GNSS op een moment minder zijn dan de precisie van iBeacons is het mogelijk om over te schakelen van de locatiebepaling hardware. RSSI is kwetsbaar voor invloeden in de signaalsterkte zoals een persoon dat tussen de zender en de ontvanger staat.

Een andere manier van plaatsbepaling met iBeacons is een Angle-of-Arrival aanpak. Geavanceerde antennes kunnen de hoek meten waar mee een Bluetooth signaal ontvangen wordt. Door de hoogte van de iBeacon (deze hangt op een vast punt) in te meten, is er één zijde van de driehoek bekend. Als de hoeken van de driehoek ook bekend zijn kunnen de andere zijden berekend worden. Zo kan de afstand tot de ontvanger realtime bepaald worden. Figuur 5.8 geeft een schematische weergave hoe een ontvanger of tag al met één locator gevonden kan worden. De precisie hiervan varieert van 10 tot 100 centimeter (Quuppa, 2015)



Figuur 5.11 Angle of Arrival methode

Conclusie

Het streven blijft om op basis van GNSS-signalen de positionering zo nauwkeurig mogelijk te maken. Mocht de onnauwkeurigheid van GNSS hoger liggen dan twee tot drie meter en er zijn iBeacons aanwezig, dan zou het mogelijk zijn om over te schakelen op dit indoor navigatiesysteem. Een antenne die de hoek van signalen kan berekenen, angle-of-arrival methode, zou de hoogste nauwkeurigheid behalen.

5.7 Onderzoek vereffening en toetsing

Precisie positionering heeft veel te maken met landmeetkunde. Het gaat daarbij om het waarnemen, meten, registreren en berekenen. Het vaststellen van de precisie, afwijkingen en betrouwbaarheid gebeurt met toetsing en vereffening.

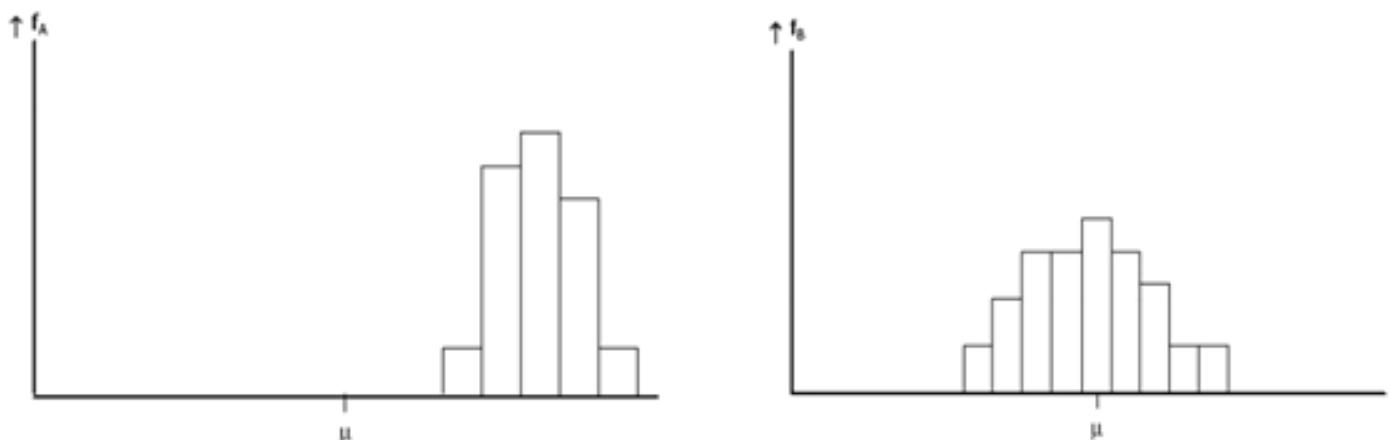
Hypothese

Door vereffening en toetsing van meetresultaten kan men deze controleren op waarschijnlijkheid en zo de werkelijke posities beter vaststellen.

Werking

Meten is nooit exact. Bij het meten kunnen er drie typen fouten voorkomen; toevallige meetruis, systematische afwijkingen en incidentele blunders. Waarbij de nauwkeurigheid in relatie staat met de toevallige meetruis en systematische fouten en betrouwbaarheid een rol speelt bij de incidentele blunders. Aan de hand van deze fouten wordt de geometrische kwaliteit vastgesteld.

“De precisie van methode A is beter dan van methode B; de waarnemingen van methode A stemmen beter overeen. Desondanks is methode A niet erg betrouwbaar. Een systematische fout, die niet is geëlimineerd, heeft een onterechte verschuiving van de verdeling veroorzaakt. Methode B is niet erg precies, maar duidelijk veel betrouwbaarder omdat de verdeling beter geconcentreerd is rond de werkelijke waarde μ . ” (Veraghtert, 2005)



Figuur 5.12 Methode A links en Methode B rechts, zoals beschreven door Veraghtert
Meetruis

Een onderdeel van vereffenen de meetruis filteren en kijken naar de meest waarschijnlijke positie. Er kunnen twee veronderstellingen gesteld worden:

- De metingen met een lage frequentie zijn minder betrouwbaar.
- De Totale meting is niet precies aangezien er een grote verdeling is.

Om meetruis te kunnen filteren zijn er veel metingen nodig.

Kalman filter

Het Kalman-filter is een methode waarmee meetgegevens van ruis kunnen worden ontstaan. De Kalman-filter heeft een vergelijkbare werking met de kleinstekwadratenmethode. Deze wordt gebruikt om de beste lijn door een aantal punten te vinden. Voordeel van deze methode is dat niet alle waardes vooraf bekend hoeven zijn. Dit maakt het mogelijk om deze filter voor real-time toepassingen te gebruiken. De uitkomst van een Kalman-filter zal de best benaderde toepassing zijn. Het wordt daarom ook veel gebruikt voor de navigatie van voertuigen. Door de snelheid, koers en positie te weten kan je de Kalman-Filter gebruiken. (Welch, 2001)

Figuur 5.13 geeft het gedrag van een Kalman-filter weer bij een bocht. De stippen zijn de posities en samen met de koers en snelheid is de lijn het resultaat. Uit deze weergave is te zien dat Kalman een “smoothing” filter is.

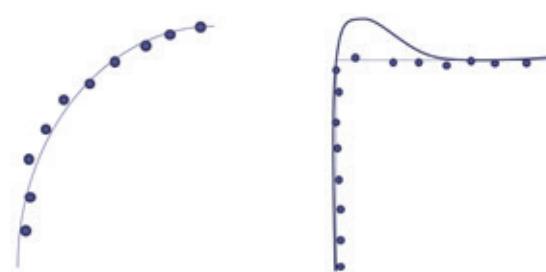
De gebruiker van de Virtuele Geleidelijn naveert te voet. Een voetganger navigeert direct en kan spontaan bochten maken. Figuur 20 visualiseert het gedrag van de Kalman-filter bij directe bochten over korte afstanden. Kalman voorspelt de positie van de gebruiker dan in een “drift” en dit is problematisch voor de precisie. (Lesparre, 2015)

Conclusie

Het streven blijft om zo zeker mogelijk te zijn van de positie van de gebruiker. Toetsing en vereffening versterken de betrouwbaarheid van de uiteindelijke positie. Dit maakt dat het verstandig is om deze methoden toe te passen in Precisie Positionering.

Door vaker in korte tijd te kunnen meten, komen deze methodes tot hun maximale potentie.

De Kalman-Filter is een goede manier om de voorspelde posities aan de hand van sterke correlaties te bepalen. Voor de Virtuele Geleidelijn zal deze filter dan wel moeten worden uitgebreid met meerdere sensoren als bijvoorbeeld een accelerometer, stappenteller, gyroscoop en kompas. Een geschikt medium hier voor zou een IMU (Inertial Measurement Unit) zijn.



Figuur 5.13 Flauwe en scherpe bocht.

Hoofdstuk 6: Impact

Dit hoofdstuk behandelt de effecten en impact van het project. Veiligheid, privacy, kosten en omgeving zijn gebruikersaspecten die hierin naar voren komen. Verder komen de implementatie en beheer aan bod in dit hoofdstuk; hier wordt beschreven aan welke protocollen de API moet voldoen.

Veiligheid, privacy en de omgeving zijn aspecten die van invloed zijn bij de implementatie van het ontwerp. Zonder voldoende borging van de veiligheid en privacy zal een gebruiker het product links laten liggen. Daarnaast is het voor de implementatie van belang hoe de omgeving van de gebruiker reageert op het ontwerp en zich eventueel aanpast.

6.1 Gebruikersaspecten

Veiligheid

Veiligheid is een belangrijk aspect voor het ontwerp. Gebruikers van de Virtuele Geleidelijn moeten erop kunnen vertrouwen dat zij correct en veilig genavigeerd worden. Een hoge nauwkeurigheid in de positionering vergroot de veiligheid van de gebruiker. De software filtert blunders uit gemeten locaties. Als resultaat wordt de gebruiker bijvoorbeeld niet ineens een weg opgestuurd.

De gebruiker hecht veel waarde aan zijn blindenstok. Dit maakt de gebruiker herkenbaar voor andere weggebruikers. Herkenbaarheid van de slechtziende hangt samen met de veiligheid. Andere weggebruikers kunnen hun gedrag aanpassen, wat resulteert in gecontroleerde situaties in het verkeer.

Privacy

Om een gebruiker te navigeren van A naar B is constant zijn locatie nodig. Deze locatie kan real-time verwerkt worden in de navigatiesoftware. Door de data met betrekking tot de navigatie lokaal op te slaan wordt de privacy van de gebruiker gewaarborgd.

Met toestemming van de gebruiker zou de data gebruikt kunnen worden voor verbetering van het ontwerp en het oplossen van fouten. Inzage van derden in de locatiegegevens is niet noodzakelijk en niet wenselijk. Dit is in overeenstemming met de wet bescherming persoonsgegevens (Rijksoverheid, 2000).

Omgeving

De virtuele geleidelijn kan op den duur de fysieke geleidelijnen aanvullen en deels gaan vervangen. Maar deze fysieke lijnen zorgen wel voor herkenbaarheid; objecten (fietsen, reclameborden, enz.) worden hier niet snel geplaatst. Het is mogelijk dat er een wildgroei aan objecten ontstaat, die ook op de virtuele geleidelijn staan. Daarom zal een gebruiker zal meer rekening moeten houden met obstakels die op zijn pad komen.



Een virtuele geleidelijn kan in principe overal aanwezig zijn, ook op plekken waar in de huidige situatie geen hulpmiddelen voor een slechtziende aanwezig zijn. Dit vergroot het aantal locaties, die een slechtziende met een relatief gemak kan bereiken. Het is mogelijk dat nog niet alle plekken voorbereid zijn op de komst van een slechtziende, denk aan uitstekende tegels of willekeurige paaltjes.

Kosten

De kosten van een fysieke geleidelijn liggen bij de aanleggers van wegen en voetpaden. Een virtuele geleidelijn wordt gestuurd vanuit een wearable, de kosten daarvan kunnen bij de zorginstellingen of eindgebruikers liggen. Eindgebruikers en zorginstellingen hebben minder grote budgetten dan de aanleggers. Hoe deze situatie opgelost kan worden is momenteel nog niet bekend.

6.2 Implementatie

Nederland heeft ongeveer 350.000 visueel beperkten; als alle of in ieder geval een groot deel van visueel beperkten gebruik zullen maken van Precisie positionering zal er dus rekening gehouden moeten worden met een toename van het dataverkeer. (Bartimeus sonneheerdt, 2014).

Open source

Het is een belangrijk aspect binnen de Virtuele geleidelijn om te kijken naar open source oplossingen. De basis van het project staat in het kader van het maatschappelijke belang om visueel beperkten te helpen. De toepassing van open source zorgt voor een lage drempel om allerlei functionaliteiten tegen redelijke kosten te kunnen ontwikkelen.

API en protocollen

Binnen de Virtuele geleidelijn wordt er gesproken over drie onderdelen:

- Een 3D-referentie model
- Precisie Positionering
- Wearables

Om data te kunnen versturen tussen deze verschillende onderdelen is het mogelijk om een API te gebruiken. De keuze voor de standaard is afhankelijk van de te nemen ontwerpkeuzes. In de toekomst kunnen er verschillende wearables zijn die allemaal een andere basistechniek hebben, maar de manier hoe deze opdrachten ontvangen worden zal op een generieke manier moeten gebeuren.

Ook bij het referentiemodel dient er een standaard communicatiemethode te worden gekozen om de samenwerking van precisie positionering, een referentiemodel en een wearable mogelijk te maken.

Een REST API zou een geschikte manier zijn om de virtuele geleidelijn te laten communiceren over positie, obstakel en gebruiker. REST is gericht om over het internet CRUD (Create, Read, Update, Delete) operaties uit te voeren op data. Het is gefocust op het krijgen van data op één consistente manier. Omdat het de virtuele geleidelijn een mobiele oplossing is, past dit ook in de werking van een REST API.

REST API heeft als voordeel dat het een lichte efficiënte en snelle architectuur is. Met een REST API is het mogelijk om periodiek gegevens op te halen uit een .xml of .json formaat. Voor de virtuele geleidelijn worden de gegevens met een vaste snelheid gegenereerd. Met dezelfde snelheid dient de API de gegevens te kunnen communiceren met aangesloten systemen.

Hoofdstuk 7: Conclusie & Aanbevelingen

In het hoofdstuk conclusies en aanbevelingen volgt een beschouwing van het project. Er wordt een conclusie getrokken welke elementen geleid hebben tot de hoogste precisie.

Verder werpt dit hoofdstuk een blik in de toekomst. Er wordt gekeken naar toekomstige ontwikkelingen. Mogelijk dat precisie positionering goedkoper en efficiënter kan met technologie die op dit moment nog niet beschikbaar is.

Op basis van de behaalde resultaten tijdens het project en toekomstige ontwikkelingen kan er een advies gegeven worden. Deze aanbevelingen worden als laatste behandeld in dit hoofdstuk.

7.1 Beschouwingen

Precisie positionering draait om realtime positiebepaling en toont aan dat met de juiste apparatuur, het gewenste bereik van 50cm precies haalbaar kan zijn mits de omgeving het toelaat.

Tijdens dit onderzoek heeft de volgende opstelling tot de beste resultaten geleid:

- De Topcon PG-A1 als antenne.
- De U-blox EVK-M8T met de NEO-M8T chip als GNSS receiver.
- Concurrent GNSS met de satelliet systemen GPS en GLONASS.
- NETPOS als referentienetwerk voor het gebruik van RTK en ontvangen correctiesignalen.
- De software RTKLIB versie 2.4.2 voor het gebruik van RTK.

Deze opstelling bevat de benodigdheden om de 50cm precisie te behalen.

Hierbij is het vereist dat de antenne een diameter van 20cm heeft en daardoor de gehele amplitude van een satelliet signaal ontvangt. Gebeurt dit niet, zal de precisie minder nauwkeurig worden.

Concurrent GNSS vergroot de mogelijkheid te gebruiken satellieten om de positie te bepalen. De theorie en praktijk hebben bewezen dat meer satellieten in contrast staan met een nauwkeurige plaatsbepaling. Het gebruik van een referentienetwerk is nodig om meetfouten te neutraliseren en om op centimeter precisie te kunnen komen.

Dit onderzoek toont aan dat met deze opstelling in een open omgeving een gemiddelde precisie van 55 cm kan worden gehaald. In een city canyon is de gemiddelde precisie 100cm die kan worden behaald. De best gemiddelde precisie betreft 27cm op een open locatie en 55cm op in een city canyon. Ook wordt hier bewezen dat met relatief lage kosten precisie positionering gerealiseerd kan worden.

Over de gemeten posities is geen vereffening en toetsing toegepast. Vereffening en toetsing zal de betrouwbaarheid van de metingen verbeteren en fouten uitsluiten. Dit heeft daarom

een positief effect op de precisie.

In combinatie met extra variabelen als een traagheidsmeeteenheid en navigatiemethoden vormt het een stabiele basis voor de benodigde precisie om de gebruiker van precisie positionering te kunnen begeleiden langs een virtuele lijn.

Als men beschikt over een nauwkeurig referentie model en nauwkeurige waarden uit de traagheidsmeeteenheid zoals de koers en afgelegde afstand, dan kan een navigatiemethode als gegist bestek een aanvulling zijn op precisie positionering en daarbij niet ten alle tijden afhankelijk van satelliet systemen zijn.

7.2 Toekomstige Ontwikkelingen

Mogelijk zijn er ontwikkelingen die in de toekomst een effect hebben op precisie positionering. Zo zullen GALILEO en Beidou-2 operationeel zijn en kunnen worden toegevoegd aan de directe positionering.

GNSS

Galileo is een programma van de Europese Unie voor het ontwikkelen van een GNSS systeem dat in civiel beheer is. De signalen van Galileo maken het mogelijk om gebruikers een exacte positie te bieden met een hoge nauwkeurigheid. (European Commission, 2015) De eerste Galileo satellieten zijn al operationeel. In de loop van 2016 zullen er meer satellieten worden gelanceerd. Het doel is om 2020 de volledige service van 30 satellieten in dienst te hebben.

Beidou-2 is de opvolger van Beidou en zal wereldwijd gaan draaien. Het zal gaan bestaan uit 35 satellieten. Op het moment dat Beidou-2 beschikbaar is kan er gebruik worden gemaakt van de signalen om preciezer een positie te bepalen. Per 2020 zal Beidou-2 beschikbaar zijn.

Antennes

In de toekomst zijn antennes in staat om direction of arrival(DOA) te bepalen. Hiermee kan worden bepaald uit welke richting een signaal komt en daardoor kan slimmer met multi-pathing worden omgegaan. Nauwkeurigere kennis van multi-pathing bevordert de precisie. (The University of Texas at Austin)

7.3 Toekomstadvies

De satelliet systemen GALILEO en BEIDOU-2/ Compass koppelen aan het ontwerp om de beschikbaarheid van de satellieten te vergroten. Meer satellieten staan in contrast met een nauwkeurigere benaderde positie. Ook is Galileo nauwkeuriger op zichzelf als andere GNSS.

In het onderzoek is niet gekeken naar de effecten van IMU. Het huidige prototype kent alleen directe plaatsbepaling en toetsing van blunders. Het is aan te raden dat IMU meegeomen wordt binnen Precisie Positionering, de verwachting is dan ook dat het bij signaal verlies en vereffening de gemeten posities aanzienlijk zullen verbeteren en de betrouwbaarheid verhoogd.

Om de juistheid van de metingen te toetsen dient er ook professionele vereffening toegevoegd te worden aan het ontwerp. De data die hiervoor nodig is kan worden gegenereerd met bijvoorbeeld een IMU. (Zie paragraaf 5.7 Onderzoek vereffening en toetsing)

Het is aan te raden om een virtuele geleidelijn niet door smalle stegen of plekken met veel objecten te laten lopen. Dit vergroot de kans en invloed van multi-pathing en blokkade van satelliet signalen. Dit heeft een negatief effect heeft op de precisie van precisie positionering.

iBeacons

Mochten iBeacons grootschalig ingezet worden dan kunnen deze de precisie positionering ondersteunen. Met behulp van iBeacons is het mogelijk om een locatie te corrigeren op het moment dat er geen verbinding is met GNSS satellieten. In bijvoorbeeld city canyons zouden deze ondersteund kunnen zijn voor het bepalen van de locatie van de gebruikers.

Aangezien iBeacon niet ontworpen zijn om een hoge nauwkeurigheid te behalen, is het aan te raden om te kijken naar de realisatie van een vorm van beacon die hier wel voor bedoeld is.

Referentiestations

In verband met de hoge kosten van (commerciële) referentienetwerken, is het aan te raden om te kijken naar een alternatief referentienetwerk. Met behulp van goedkopere hardware, zoals in dit onderzoek is gebruikt, zou een eigen referentiestation gebouwd kunnen worden. De verhouding tussen de prijs en de prestatie maakt dit een interessante overweging. Omdat hiervan de kosten lager liggen, zou dit breder kunnen worden ingezet. Als dit in de form van een open standaard gebeurd, dan bied het voor een breder publiek mogelijkheden.

7.4 Implementatie

Om een precieze positie te kunnen bepalen is het noodzakelijk dat de volgende aspecten altijd aanwezig zijn:

- Een GNSS om signalen naar toe te sturen (Paragraaf 2.2, Referentienetwerken).
- Een Antenne om de satelliet signalen te ontvangen (Paragraaf 5.4).
- Een GNSS receiver om de satelliet signalen te vertalen (Paragraaf 5.2).
- Een Computer om de software op te draaien (paragraaf 5.4).
- Toegang tot een referentie netwerk om gebruik te kunnen maken van RTK (paragraaf 5.3, RTK).

Zie figuur 2.2 in paragraaf 2.2 voor een schematisch overzicht van deze opstelling.

De bovenstaande aspecten vormen de basis van precisie positionering.

Precisie Positionering dient in de toekomst haar eigen verantwoordelijke toegewezen te krijgen. Deze verantwoordelijke zal zich bezig moeten houden met de ontwikkelingen van GNSS en positiebepaling.

In bijlage 7 staat wat Kadaster zou kunnen betekenen voor de Virtuele Geleidelijn.

Hoofdstuk 8: Verwijzingen

06-GPS. (2015, Januari 1). Tarievenlijst en Toelichting Netwerkdiensten 06-GPS 2015. Opgehaald van www.06-GPS.nl: http://www.06-gps.nl/documenten/tarieven_aanmelding/Tarievenlijst.pdf

ACID Allen Consulting. (2013). Precise positioning services in the maritime sector. Melbourne: ACIL Allen Consulting Pty Ltd.

Aislelabs. (2015). The Hitchhikers Guide to iBeacon Hardware: A Comprehensive Report by Aisle-labs. Toronto: Aislelabs.

Alessandro, F. (2014, Januari 27). spatialite-gui. Opgehaald van www.gaia-gis.it: https://www.gaia-gis.it/fossil/spatialite_gui/home

Altena, V. V. (2015, September 29). Introductie bij het Kadaster. (G. Roelofs, Interviewer)

Apple. (2015, February 4). iOS: Understanding iBeacon. Opgeroepen op November 11, 2015, van Apple Support: <https://support.apple.com/en-gb/HT202880>

Arentze. (2015, November 25). Het i-Locate geïntegreerd indoor-outdoor navigatiesysteem – ontwikkeling, implementatie en eerste ervaringen. (J. Klinkhamer, Interviewer)

Bartimeus sonneheerdt. (2014, 05). Feiten en cijfers over blind en slechtziend zijn. Nederland.

Breunesse, M. (2015). Virtuele geleidelijn: Een Smart World-alternatief voor geleidelijnen. Almere: Windesheim Flevoland.

Breunesse, M. (2015). Virtuele geleidelijn: precisie positionering. Almere: Windesheim Flevoland.

Dissanayake, G. S.-W. (2002). The aiding of a low-cost strapdown inertial measurement unit using vehicle model constraints for land vehicle applications. Australia : IEEE.

EGNOS. (sd). What is GNSS? | EGNOS Portal. Opgehaald van egnos-portal.gsa.europa.eu: <http://egnos-portal.gsa.europa.eu/discover-egnos/about-egnos/what-gnss>

European Commission. (2015, 04 22). EU successfully launches two Galileo satellites. European Commission > Growth > News, pp. 1-1.

European GNSS Agency. (sd). What is GNSS? Opgeroepen op december 12, 2015, van EGNOS Portal: <http://egnos-portal.gsa.europa.eu/discover-egnos/about-egnos/what-gnss>

Furieri, A. (sd). The Gaia-SINS federated projects. Opgehaald van <http://www.gaia-gis.it/>: <http://www.gaia-gis.it/gaia-sins/>

GLONASS Constellation Status. (2015, December 16). Opgeroepen op December 16, 2015, van Official GLONASS Web Page: <https://glonass-iac.ru/en/GLONASS/>

GNSS Antennas | Inside GNSS. (2015). Opgehaald van www.insidegnss.com: <http://www.insidegnss.com/node/3685>

GPS Space Segment. (2015, December 11). Opgeroepen op December 16, 2015, van Official U.S. Government information about the Global Positioning System (GPS) and related topics: <http://www.gps.gov/systems/gps/space/>

Hakala, H. (1992). Dead reckoning navigation. Finland: Espoo, Finland : Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Koreautomaation laboratorio.

Haug, J., & Schuurman, F. (2015). Voetpaden voor iedereen. Utrecht: Bouw Advies Toegankelijkheid.

Huisman, L. (2015, oktober 7). (J. Klinkhamer, Interviewer)

iCulture. (2015). Dossier iBeacon. Opgeroepen op November 11, 2015, van iCulture: <http://www.iculture.nl/dossiers/ibeacons/>

Kadaster. (2013). NETPOS. Opgehaald van kadaster.nl: <http://www.kadaster.nl/web/Themas/Registraties/Rijksdriehoeksmeting/NETPOS.htm>

Lesparre, J. (2015, 10 1). Satelietwerking. (G. Roelofs, Interviewer)

Lorimer. (2008). The adoption of GPS in cropping agriculture. Geospatial World.

Muller, E., Kroll, J., Lindiger, S., Pfusterschmied, J., & Stoggl, T. (2015). Skier's posture estimation using real time kinematics GNSS measurements. In N. B, Science And Skiing VI (p. 245). British Library (UK): Meyer & Meyer Sport.

Nederlandse Vereniging voor Ruimtevaart. (2000, 12 1). Navigatiesatellieten – the sky is the limit. Opgeroepen op 12 15, 2015, van kennislink.nl: <http://www.kennislink.nl/publicaties/navigatiesatellieten-the-sky-is-the-limit>

Netherlands Space Office. (sd). Beidou en Compass. Opgeroepen op 12 2015, 15, van Netherlands Space Office: <http://www.spaceoffice.nl/nl/Satelliettoepassingen/Technologie/Satelliet-plaatsbepaling/Beidou-en-Compass/>

Quuppa. (2015). Technology. Opgeroepen op November 12, 2015, van Quuppa: <http://quuppa.com/technology/>

Rijksoverheid. (2000, juli 6). Wet bescherming persoonsgegevens. Opgeroepen op december 15, 2015, van wetten.overheid.nl: http://wetten.overheid.nl/BWBR0011468/geldigheidsdatum_15-12-2015#Hoofdstuk2

Robusto, C. (1957). The Cosine-Haversine Formula. The American Mathematical Monthly, 38-40. Schans, v. d., Jukema, N., Klooster, v. d., & Molenaar. (2008, Februari). Toepassing GPS en GIS in de akkerbouw. Wageningen, Gelderland, Nederland.

SQLite. (sd). SQLite. Opgehaald van <https://www.sqlite.org/>: <https://www.sqlite.org/>

Takasu, T. (2013, April 29). RTKLIB ver. 2.4.2 Manual. Opgehaald van www.rtklib.com: http://www.rtklib.com/prog/manual_2.4.2.pdf

The University of Texas at Austin. (sd). lecture13. Opgehaald van Website of the The University of Texas at Austin: http://users.ece.utexas.edu/~bevans/courses/ee381k/lectures/13_Array_Processing/lecture13/lecture13.pdf

- U-Blox. (2015). Product Catalog 16 Wireless & Positioning Solutions 2015. Zwitserland.
- Veraghtert, S. (2005). Studie over het vereffeningssporgramme MOVE3: Theoretische en praktische benadering. Antwerpen.
- Weisstein, E. (sd). Bisection. Opgehaald van Wolfram MathWorld: <http://mathworld.wolfram.com/Bisection.html>
- Welch, G. B. (2001). An Introduction to the Kalman Filter. North Carolina.
- Witteveen, W. (2015). Het Kadaster. Zwolle.

Hoofdstuk 9: Ontologie

Begrip	Definitie
APN	Access Point name
BEARING	De richting van een lijn.
BEIDOU	Chinees positionerings systeem
CITY CANYON	Locatie in stadse omgeving waar weinig tot slecht satellietbereik is.
DOA	Direction of arrival, De richting waarin een signaal binnenkomt bepalen.
FIX	Een verbinding met NETPOS waar een betrouwbare waarde uitkomt
FLOAT	Een verbinding met NETPOS waar de verbinding nog enigszins onzeker is
GALILEO	Europees positionerings system
GEGIST BESTEK	Navigatie methode, met met traagheidsmeeteenheid en richting
GIS	Geografische Informatie Systeem
GLONASS	Russisch positionerings system
GNSS	algemene verzamelnaam voor navigatie satelliet systemen (Global navigation Satellite system)
GPS	Amerikaans positionerings systeem (Global positioning system)
IMU	Inertial Measuring Units, kompas, gyroscoop etc.
LATITUDE	Breedte-as
LONGITUDE	Lengte-as
MULTI-GNSS	Contacten met meerdere GNSS systemen tegelijkertijd
NETPOS	De Netherlands Positioning Service (NETPOS) is het GNSS-referentienetwerk van het Kadaster en Rijkswaterstaat.
NORTH AZIMUTH SYSTEM	Een meetsysteem voor de bearing, het noorden wordt als 0/360 graden gezien. De graden lopen met de klok mee.
POLAR DIRECTION MEASUREMENT SYSTEM	Een meetsysteem voor de bearing, het oosten wordt als 0/360 graden gezien. De graden lopen tegen de klok in. (noorden is dus 90 graden)
PPP	Precise point positioning
PYTHON	Een programmeertaal met een goede synergie met geometrische informatie.
RD NEW	Rijksdriehoeksmeting (coördinaat projectie systeem)
RTCM	Radio Technical Commission for Maritime Services
RTKLIB	realtime kinetics software
SHAPEFILE	Bestandsvorm geschikt voor GIS, bevat geo informatie.
SINGLE	Een gemeten positie zonder correctiesignaal
TRIANGULATE	Een wiskundige formule met verschillende afstanden een afstand kan vinden (Pythagoras)
TRILATERATIE	Een wiskundig middel dat op basis van cirkels een middelpunt vindt
UBLOX	GNSS systeem dat kan worden gebruikt op te meten tot op 50cm precies
VIRTUEEL	Iets dat is gesimuleerd is in de echte wereld
WSG 84	Een geografisch coördinaten systeem (output van RTKLIB)

Hoofdstuk 10 Tabel- en figurenlijst

Figurenlijst

Figuur 2.1	Weergave single, float & Fix	pag. 12
Figuur 2.2	Schematische weergave opstelling	pag. 13
Figuur 3.1	Stakeholdermap	pag. 15
Figuur 4.1	Proces Virtuele Geleidelijn	pag. 18
Figuur 5.1	Use Cases precisie positionering	pag. 20
Figuur 5.2	Illustratie verschillende elementen	pag. 22
Figuur 5.3	Meting GPS en meting GPS + GLONASS	pag. 23
Figuur 5.4	U-Blox modellen	pag. 23
Figuur 5.5	Locatiebepaling met GNSS en correctiesignalen	pag. 24
Figuur 5.6	Testlocatie A tussen gebouwen	pag. 25
Figuur 5.7	Afgekeurde meting	pag. 26
Figuur 5.8	Testlocatie B open locatie	pag. 27
Figuur 5.9	North Azimuth System	pag. 31
Figuur 5.10	Kant van lijn bepalen	pag. 32
Figuur 5.11	Angle-of-Arrival methode	pag. 33
Figuur 5.12	Vereffeningsmethode Veraghtend	pag. 34
Figuur 5.13	Flauwe en scherpe bocht	pag. 34

Tabellenlijst

Tabel 5.1	Volg route	pag. 21
Tabel 5.2	Positie ten opzichte van de lijn bepalen.	pag. 21
Tabel 5.3	Bereik knooppunt	pag. 21
Tabel 5.4	Bereik bestemming	pag. 22
Tabel 5.5	EVK-7P + Taoglas antenne op testopstelling A	pag. 26
Tabel 5.6	EVK-7P + Topcon antenne op testopstelling A	pag. 26
Tabel 5.7	EVK-7P + Taoglas antenne op testopstelling B	pag. 26
Tabel 5.8	EVK-7P + Topcon antenne op testopstelling B	pag. 27
Tabel 5.9	EVK-7P + Topcon antenne op testopstelling A met NETPOS	pag. 27
Tabel 5.10	EVK-7P + Topcon antenne op testopstelling B met NETPOS	pag. 28
Tabel 5.11	Neo-M8T + Topcon antenne op testopstelling A met NETPOS	pag. 29
Tabel 5.12	Neo-M8T + Topcon antenne op testopstelling B met NETPOS	pag. 29

Bijlage 1 Detailinformatie over NETPOS

Geometrische Referentie Stelsels

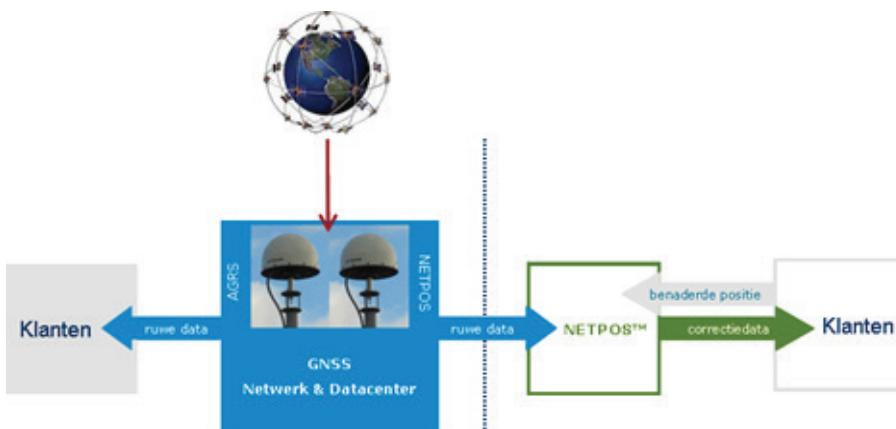
Het Kadaster beheert, certificeert en exploiteert de GNSS-infrastructuur van Nederland, welke bestaat uit GNSS-kernnetpunten, gecertificeerde permanente GNSS-stations van derden en de permanente GNSS-netwerken AGRS en NETPOS . Het primaire doel van de GNSS-infrastructuur is de koppeling aan en de realisatie van het ETRS89 in Nederland. Daarnaast vindt dienstverlening plaats voor precieze plaatsbepaling (NETPOS™) op basis van data van de GNSS-infrastructuur en wordt de ruwe data gebruikt in weermodellen (KNMI) en voor onderzoek (TU Delft).

De GNSS-infrastructuur van het Kadaster is momenteel gebaseerd op de gps (VS) en GLONASS (Rusland). Op termijn zal dit uitgebreid worden met Galileo (Europa) en BeiDou (China).

Diensten

GNSS Netwerk & Datacenter bestaat uit de infrastructuur van de netwerken van AGRS en NETPOS. Deze dienst produceert ruwe data, waarmee ETRS89 in Nederland gerealiseerd wordt.

NETPOS™ maakt gebruik van GNSS-Netwerk & Datacenter (als afnemer van ruwe data) en bestaat uit real-time dienstverlening en postprocessing services. Deze dienst produceert correctiedata. De verantwoordelijkheid voor de GNSS-infrastructuur en NETPOS is belegd bij de sector Geometrische Referentie Stelsels (GRS), dat onderdeel uitmaakt van de afdeling Materiebeleid (MB) van de directie Geo- en Vastgoedinformatie en Advies (GVA).



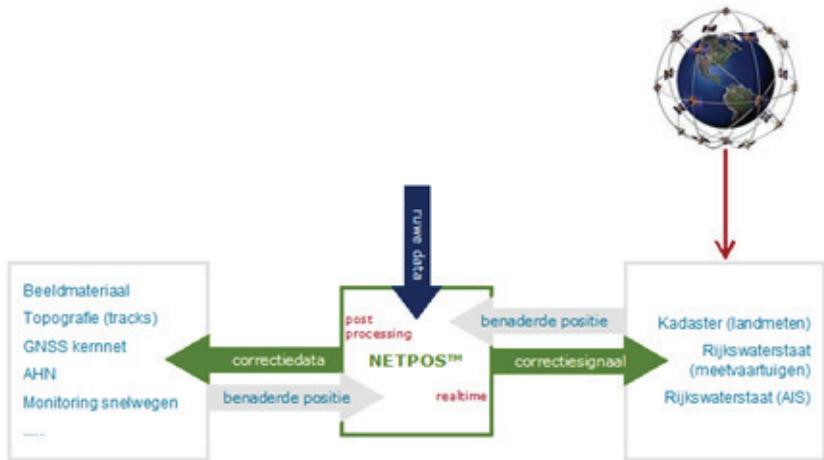
NETPOS™ is een primaire dienst voor de precieze plaatsbepaling door landmeters van het Kadaster en meetvaartuigen van Rijkswaterstaat en hun onderaannemers.

Real-time service

De real-time service is beschikbaar voor de landmeters van het Kadaster en de meetschepen van Rijkswaterstaat (RWS) en de onderaannemers van Kadaster en RWS. Op basis van een benaderd positie (van een GNSS-apparaat) wordt een correctiesignaal gestuurd. Het AIS van Rijkswaterstaat, Diamonis genaamd, maakt ook gebruik van NETPOS™. Diamonis is een landelijk dekkend netwerk dat zorgt dat van de beroepsvaart voortdurend de identiteit en positie bekend is.

Postprocessing service

De postprocessing service levert correctiedata voor diverse toepassingen binnen en buiten het Kadaster.



Voorbeelden

Tracks van ingewonnen bospaden voor de Basis Registratie Topografie,

Plaatsbepaling luchtvaartuigen en referentie- en validatiedata t.b.v. landelijk beeldmateriaal en het AHN

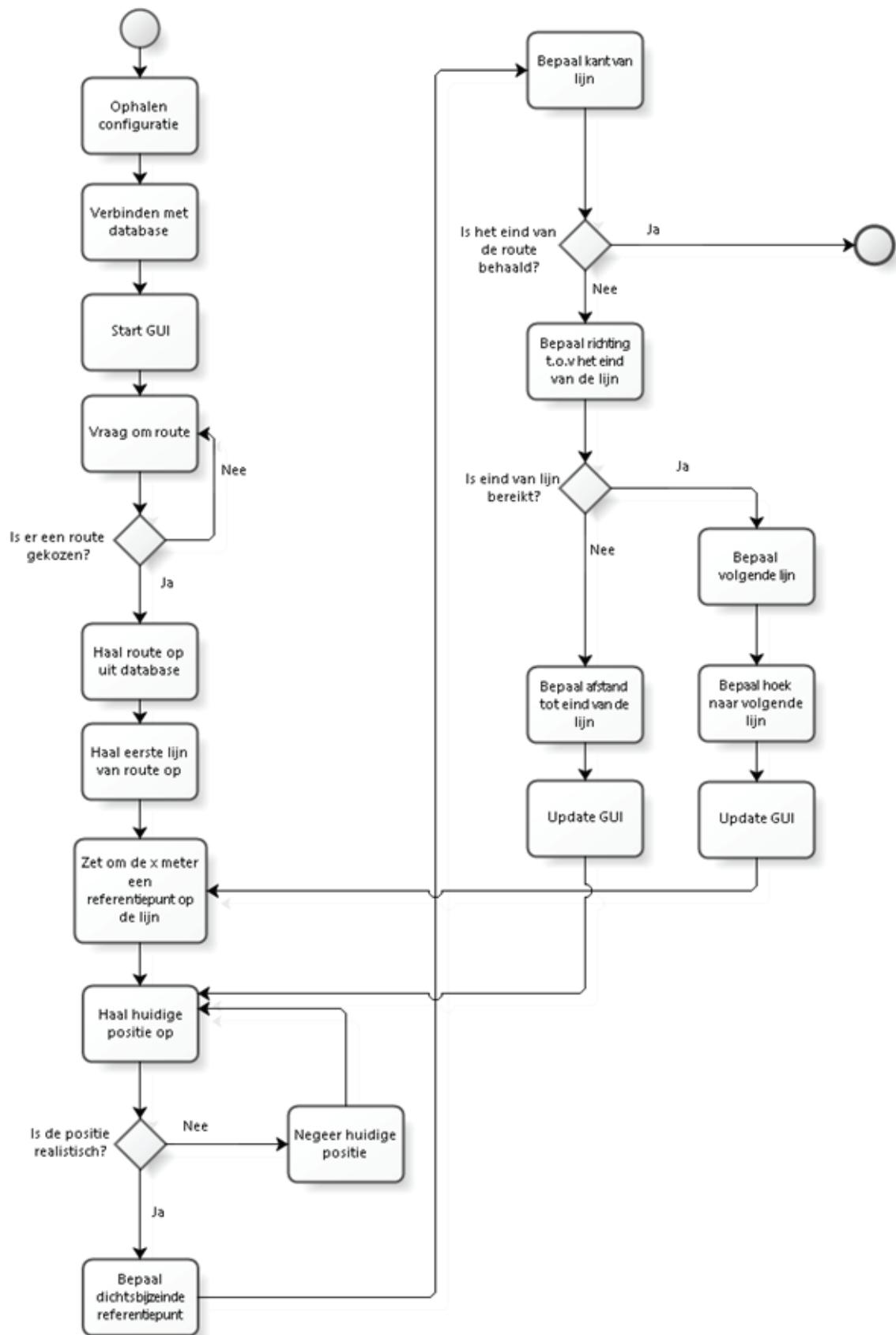
Bijhouding van het GNSS-kernnet

Weginspectie en bepalen van doorrijhoogten van kunstwegen op snelwegen

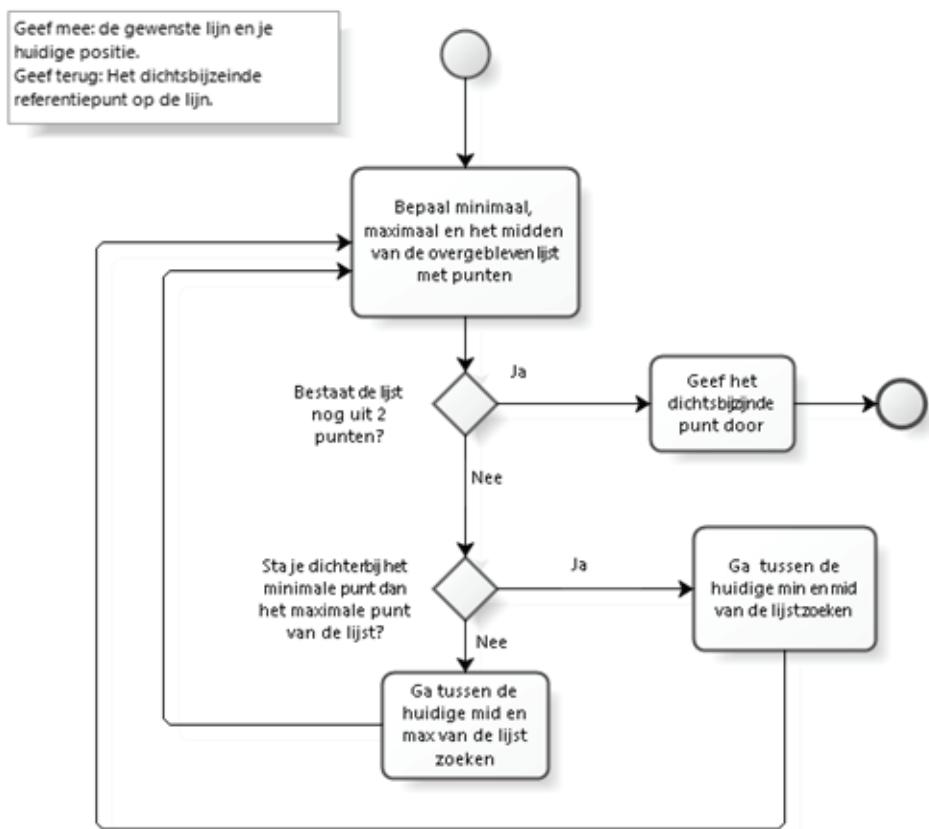
Wetenschappelijk onderzoek (onderzoek naar rijbaan identificatie voertuigen t.b.v. file monitoring door TU Delft)

Onderwijs (GNSS-onderwijs TU Delft en Hogeschool Utrecht)

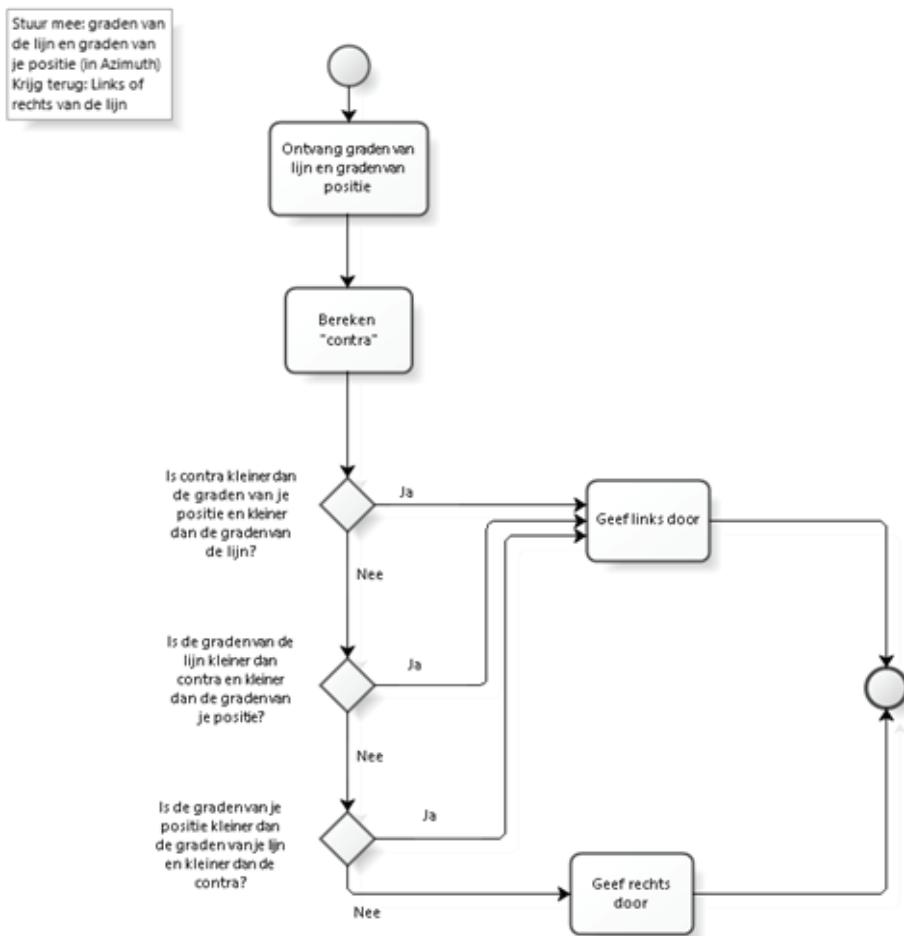
Bijlage 2: Flowchart software



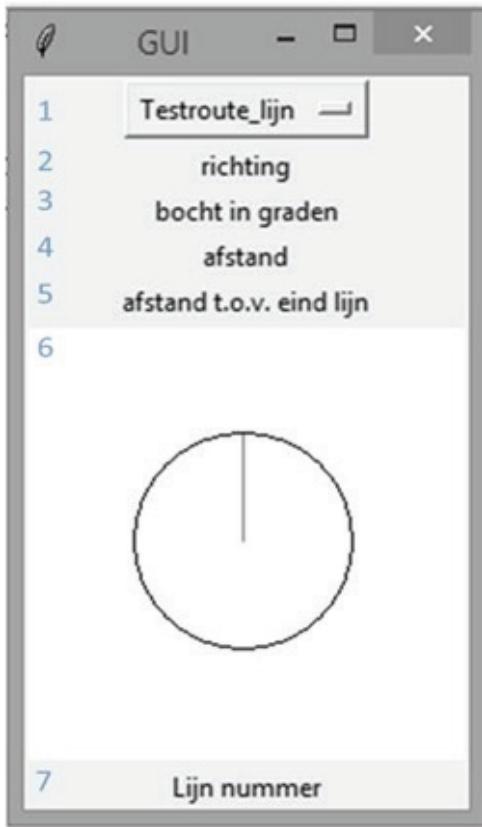
Bijlage 3: Flowchart vinden referentiepunt



Bijlage 4: Flowchart kant van de lijn bepalen



Bijlage 5: GUI



1. Hier bevindt zich het keuzemenu en geeft de gekozen route weer
2. Geeft weer of de gebruiker naar links of rechts dient te lopen om op de lijn te blijven
3. Als er een bocht is, bij de overschakeling naar een volgende lijn. Wordt hier de richting van de bocht weergegeven en de hoek van de bocht in graden
4. Toont huidige positie van de gebruiker ten opzichte van de lijn in meters
5. Toont afstand van huidige positie van de gebruiker ten opzichte van het einde van de huidige lijn
6. Grafische weergave van een dynamisch kompas om de looprichting aan te duiden
7. Geeft huidige lijn waar die de gebruiker volgt weer

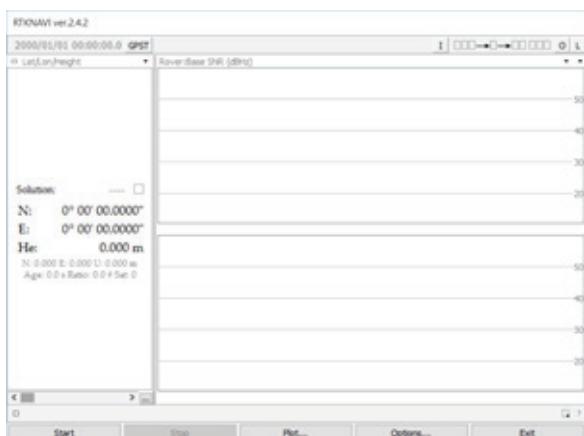
Bijlage 6: Configuratie RTKLIB

RTKLIB



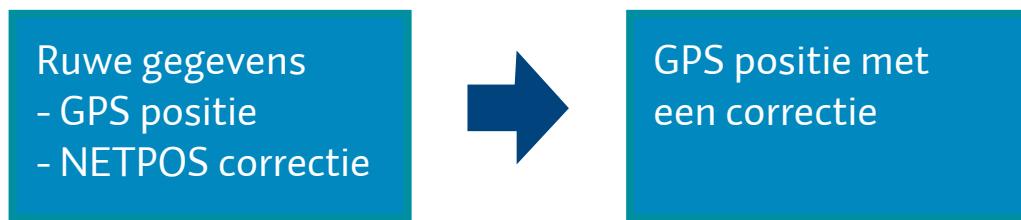
RTKLIB is open source software die verschillende geografische gegevens kan ontvangen, samenvoegen, verwerken en delen. Binnen dit pakket is er gebruik gemaakt van RTKNAVI

RTKNAVI



RTKNAVI is de software die verschillende input apparaten kan samenvoegen, corrigeren en daaruit een output kan leveren.

De input die er aan RTKNAVI geven is een Ublox om een eigen locatie door te geven en NETPOS om onze locatie mee te corrigeren. De combinatie van deze twee gegevens wordt samengevoegd en daar komt elke seconde één positie uit. RTKNAVI maakt gebruik van de ruwe gegevens om daarmee een locatie te bepalen. Binnen RTKNAVI is het mogelijk om het signaal van de satellieten te zien, en je huidige locatie in een kaart te brengen.



Input

Het is belangrijk dat binnen RTKNAVI de juiste input wordt ingesteld voor het gebruik van de combinatie van u-blox en NETPOS. De onderstaande instellingen zijn gebruikt tijdens onze testopstelling.

Configuratie RTKLIB Ublox EVK-M8T

Input(I)

(1) Rover

Type = Serial
 Opt =
 Port = Com (poort gps)
 Bitrate(bps) = 9600
 Byte Size = 8bits
 Parity = None
 Stop Bits = 1 bit
 Flow Control = None

Cmd =

Startup = !UBX CFG-RATE 1000 1 1

!UBX CFG-MSG 2 16 0 1 0 1 0 0
 !UBX CFG-MSG 2 17 0 1 0 1 0 0

Format = u-blox

Opt =

(2) Base station

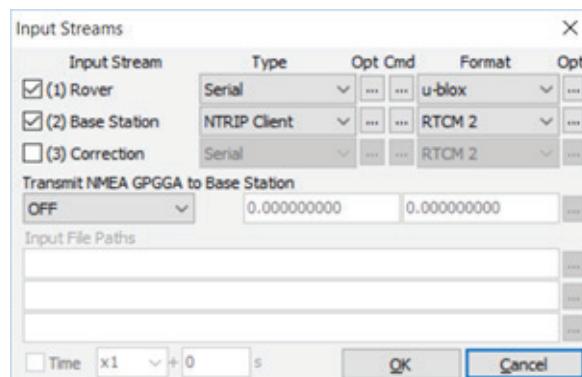
Type = NTRIP Client
 Opt =
 NTRIP Caster Host = 10.91.6.26
 Port = 49640
 Mountpoint = VRS02
 User-ID = GISM423
 Password = GISM423

Cmd =

Format = RTCM 3
 Opt =

(3) Correction

Transmit NMEA GPGGA to Base Station = Single Solution



Rover

De rover is het GNSS-systeem dat de gebruiker bij zich heeft, in deze situatie is dit een Ublox ontvanger. Zoals hiernaast aangegeven dienen de instellingen overgenomen te worden.

Er is rekening gehouden met de snelheid waarmee de satellietsignalen worden verwerkt. Bij het prototype is dit 1000 milliseconden gezet. Deze keus is gemaakt omdat er met deze snelheid genoeg tijd is om de signalen te verwerken. Daarnaast levert dit elke seconde de locatie van de gebruiker die binnen de software wordt gebruikt. (Takasu, 2013)

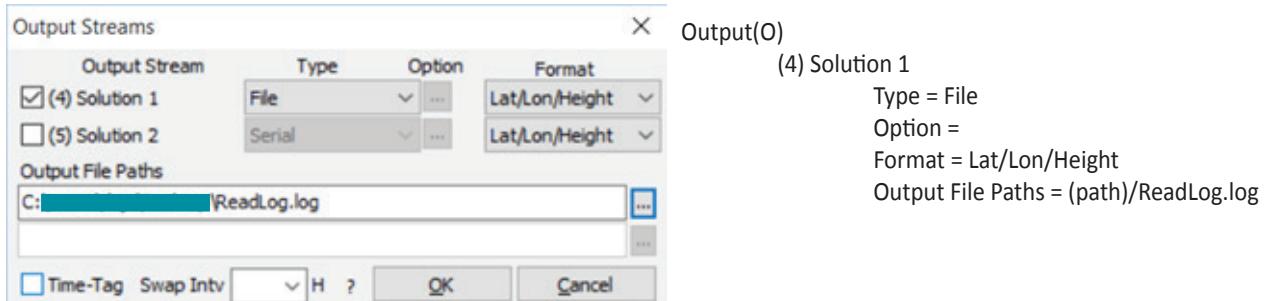
Base station

Als base station er gekozen om NETPOS van het Kadaster te gebruiken. In onze situatie gebruiken wij het om een correctie signaal te sturen naar de antenne waar de gebruiker mee loopt.

Het type ontvanger is een NTRIP Cliënt. De instellingen dienen weer over genomen te worden zoals hiernaast aangegeven. (Takasu, 2013)

Output

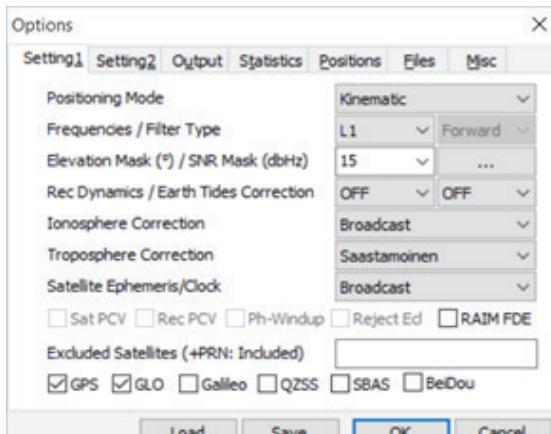
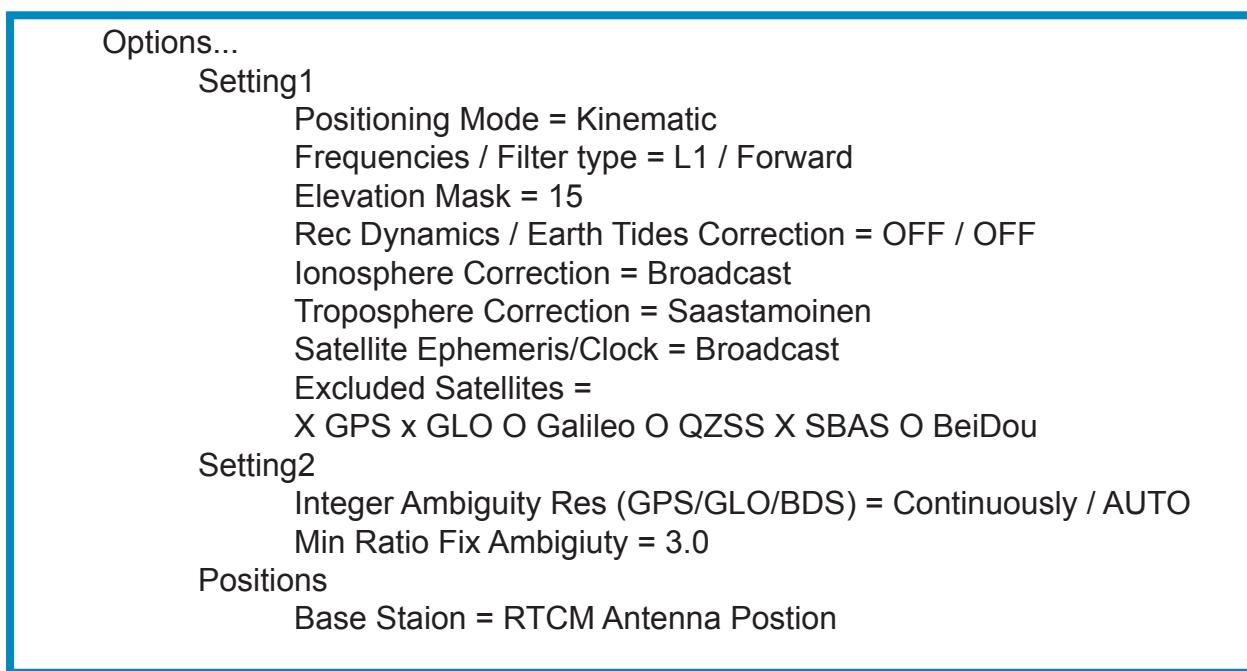
De output van RTKNAVI bepaald hoe de gegeven worden doorgestuurd naar de software. Het formaat van het bestand dient Lat/Lon/Height te zijn, en het doelbestand is de map waarin de software staat. De naam van het bestand dient 'ReadLog.log' te zijn.



Er is gekozen om de output naar een .log bestand te schrijven om aan te sluiten op de software. In de toekomst zou het gewenst zijn om de gegevens naar een server te sturen, dit omdat daarmee een compactere wearable zou kunnen worden gemaakt.
(Takasu, 2013)

Instellingen

Om goed en nauwkeurig te kunnen meten zijn er verschillende instellingen waarmee rekening gehouden dient te worden.



De instellingen zijn afgesteld op een bewegend object en een kleinere antenne. Dit omdat het moet werken voor een slechtziende die aan het lopen is, en de antenne is verwerkt in een wearable.

Binnen de instellingen van RTKNAVI zijn ook opties gezet om te bepalen hoe er gemeenten zal worden. De methode van positioneren is gezet op Kinematic omdat hiermee een bewegend object mee wordt gevolgd.

Er wordt gebruik gemaakt van gps en GLONASS omdat dat de satellieten zijn die in Nederland te ontvangen zijn en de Ublox M8T kan deze ook ontvangen en verwerken. Om de combinatie van gps en GLONASS het beste te laten samenwerk dient Integer Ambiguity RES(GOS/GLO/BDS) op continuously /AUTO te worden gezet. Hiermee wordt gebruik gemaakt van de meting van beide satellieten en wordt de locatie snel bepaald. (Takasu, 2013)

Bijlage 7: Kadaster en de Virtuele Geleidelijn

Het Kadaster heeft een maatschappelijke opdracht in Nederland met betrekking tot rechtszekerheid en GEO-informatie. Daarbij past samenwerking en het delen van kennis met anderen. Experimenteren met nieuwe ideeën en technologieën is een belangrijk onderdeel van innovatie.

Een aantal activiteiten van het Kadaster zijn interessant voor een project als de Virtuele Geleidelijn:

- Plaatsbepaling
- Landelijke voorzieningen
- 3D Modellen
- Crowdsourcing

Plaatsbepaling

Samen met Rijkswaterstaat wordt de geodetische infrastructuur van Nederland beheerd op basis van GNSS (Global Navigation Satellite System). NETPOS™ wordt gebruikt voor precieze plaatsbepaling bij het Kadaster en Rijkswaterstaat.

De correctiesignalen maken het mogelijk om met professionele meetapparatuur op enkele centimeters nauwkeurig te meten. Met goedkopere ontvangers is een nauwkeurigheid op enkele decimeters mogelijk.

NETPOS™ is uitsluitend beschikbaar voor Rijkswaterstaat, het Kadaster en hun onderaannemers.

Voor het project Visuele Geleidelijn is NETPOS™ beschikbaar gesteld om in combinatie met uBlox-ontvangers te experimenteren met plaatsbepaling op basis van GNSS.

Toekomst plaatsbepaling:

Het Kadaster wil onderzoeken in hoeverre het mogelijk is om precieze plaatsbepaling (decimeters) relatief goedkoop beschikbaar te stellen voor maatschappelijk relevante toepassingen.

Landelijke voorzieningen

Het Kadaster beheert een aantal Landelijke Voorzieningen (LV) op het gebied van GEO-informatie in opdracht van andere organisaties. Relevante voorbeelden zijn de Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT) en de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG). Beeldmateriaal (luchtfoto's) wordt beheerd ten behoeve van gebruik door diverse overheden.



Toekomst Landelijke voorzieningen:

Het Kadaster zou de mogelijkheden kunnen onderzoeken naar de mogelijkheden van een LV Referentiemodel voor een Virtuele Geleidelijn (gebaseerd op BGT, BAG, e.d.).

3D Modellen

Er wordt op tal van plaatsen onderzoek gedaan naar het maken van 3D modellen op basis van GEO-informatie. Het Kadaster heeft in samenwerking met anderen op basis van de Basis Registratie Topografie (BRT) een 3D model gemaakt.



Er vindt bij het Kadaster ook onderzoek plaats om 3D modellen te genereren uit beeldmateriaal, in het bijzonder uit luchtfoto's.

Toekomst 3D Modellen

Het Kadaster zou een bijdrage kunnen leveren aan het ontwikkelen van een 3D referentiemodel.

Crowdsourcing

Bij het Kadaster wordt voor een aantal toepassingen gebruik gemaakt van crowdsourcing. De techniek om informatie te delen is niet de grootste uitdaging. Hiervoor zijn door diverse partijen al Apps ontwikkeld. Voorbeelden hiervan zijn de inspectie van grenspalen en mutatiedetectie voor de BRT. Recent is door het Kadaster een programma ontwikkeld voor basisscholen om crowdsourcing toe te passen.

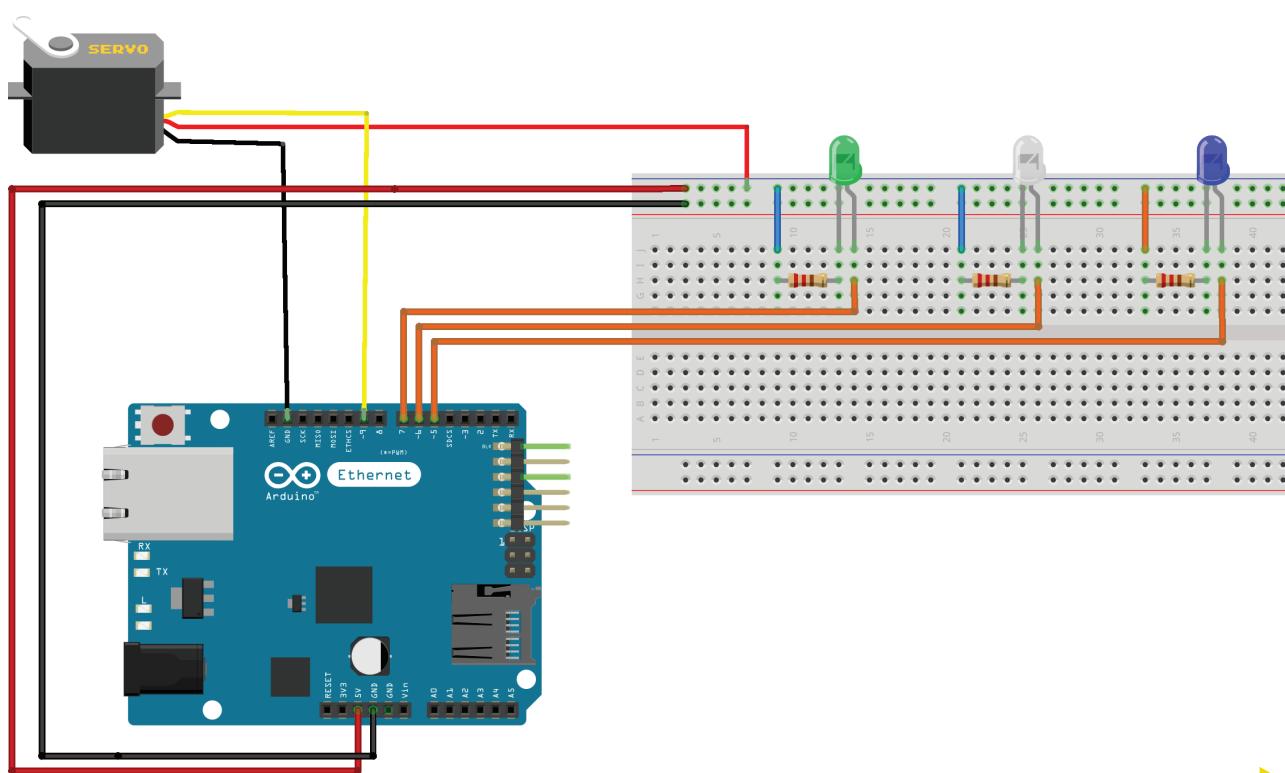
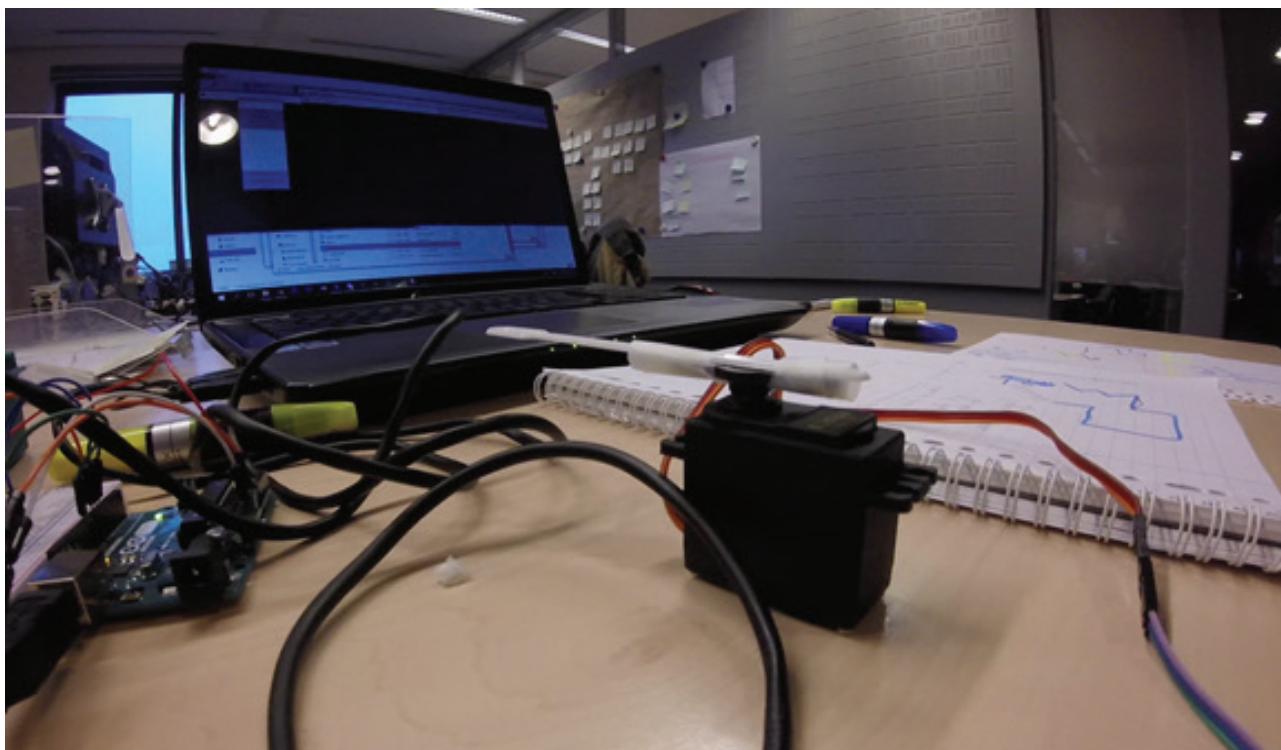
Het organiseren van de crowd en het communiceren met de crowd is een uitdaging waar mee het Kadaster veel ervaring heeft opgedaan.

Toekomst crowdsourcing

Het Kadaster zou een bijdrage kunnen leveren aan organisatorische aspecten van de toepassing van crowdsourcing voor het inwinnen van informatie voor het genoemde referentiemodel. Hierbij moet gedacht worden aan (herkenning) en registratie van obstakels en van markante punten (bushaltes, zebrapaden, enz.), die niet op een andere manier beschikbaar zijn.

Bijlage 7: Prototype Virtuele Geleidelijn

In samenwerking met studenten die bij Barthiméus aan de slag zijn geweest, is er gewerkt aan een prototype voor de virtuele geleidelijn. Dit prototype verwerkt de feedback die door de ontwikkelde software gegeneerd wordt. Het prototype waar gezamenlijk aan gewerkt is bestaat uit een Arduino microprocessor met een SERVO-motor (model FS5103B met roerstaafje) en verschillende LED-lampjes. De SERVO motor geeft de richting van de lijn aan zoals beschreven in paragraaf 5.5 de LED-lampjes indicateert aan welke kant van de lijn de gebruiker is (ook beschreven in paragraaf 5.5).



Proessen Arduino prototype virtuele geleidelijn

