
Format eindrapportage MIIP

Datum	:	21 December 2020
Projectcode	:	MIIP005
Projectnaam	:	Relative navigation using an optical measurement method (RON)
Thema Innovatiecontract	:	Winnen op zee, slim en veilig varen, effectieve infrastructuur
Betrokken partijen	:	MARIN

Projectleider	:	Hans Cozijn
Organisatie	:	MARIN
Adres	:	Haagsteeg 2
Postcode + plaats	:	6708PM Wageningen

Project

Doelstelling project (beknopte omschrijving):

De doelstellingen van het project, zoals ook opgenomen in het projectvoorstel, waren als volgt :

- Het met een camera detecteren van een set lichtbronnen, of passieve markers, met bekende onderlinge posities. Het hieruit afleiden van de relatieve oriëntatie en positie van de waarnemer en deze uitdrukken in "gimbal-lock" vrije coördinaten (b.v. quaternionen).
- Het implementeren van de software, in combinatie met de benodigde sensoren, in de testopstelling (boven water)
- Het bepalen van de optimale hardware (camera's, LED's, passieve markers) en analysemethode voor toepassing in het maritieme domein.
- Het combineren van de relatieve meting met output van de overige sensoren. De bestaande "sensor fusion" kan worden verbeterd en nieuwe methodes worden ontwikkeld.

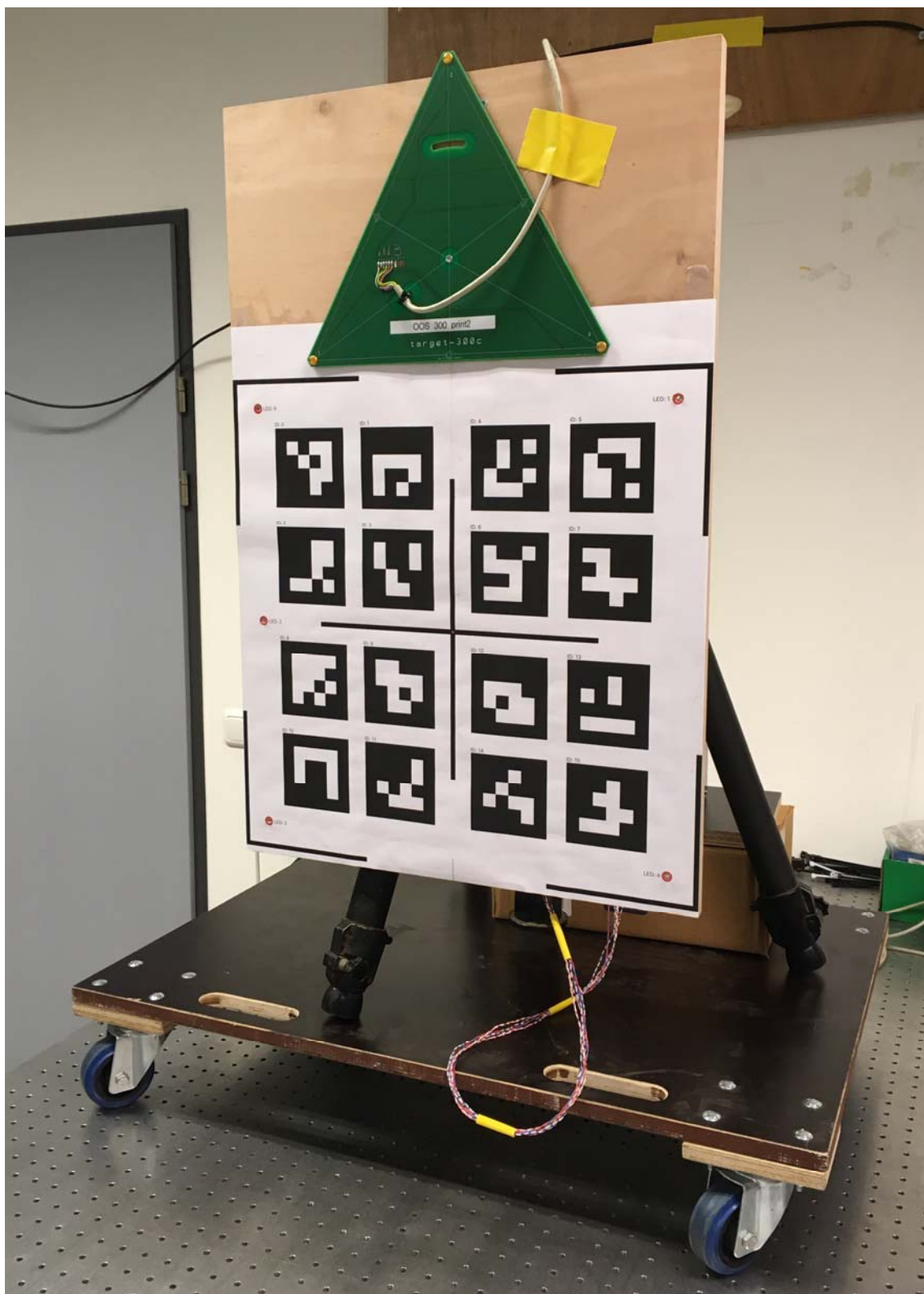
De volgende activiteiten zijn binnen het project uitgevoerd (omschrijving):

De werkzaamheden in het project waren als volgt gefaseerd :

- Software implementatie
- Voorbereiden proefopstelling
- Uitvoeren experimenten
- Analyse en rapportage
- Schrijven conferentiepapier

Na aanvang van het project is een prototype implementatie van de software gemaakt. De correcte werking van de methode in real-time is aangetoond met behulp van een aantal tests met eenvoudige hardware, bestaande uit een standaard laptop webcam en ArUco tags geprint op papier.

Vervolgens is een testopstelling gebouwd in een laboratorium. Er is een testbord gemaakt met 16 ArUco tags en een NDI Certus target (zie foto op de volgende pagina). Dit bord is gebruikt in een serie metingen met een systematische variatie in afstand en oriëntatie van het bord ten opzichte van de camera. De camera metingen zijn vergeleken met de resultaten van de veel nauwkeuriger NDI Certus metingen.



Testboard met ArUco tags en NDI Certus target

De totale meetmethode bestaat uit 3 na elkaar uit te voeren stappen, te weten (1) detectie van LED's of ArUco tags in het videobeeld, (2) identificatie van de individuele gedetecteerde items, (3) bepaling van de relatieve positie en oriëntatie van de waarnemer (camera), op basis van de bekende onderlinge posities van de LED's of ArUco tags. In de laatste stap is het mogelijk om combinaties van een of meerdere tags te gebruiken.

Ondervonden knelpunten en daarop ondernomen acties (omschrijving):

Tijdens het project zijn we op de volgende knelpunten gestuit :

- Oorspronkelijk waren we van plan om de eisen voor de hardware (camera, tags, ..., etc.) af te leiden uit de gewenste meetnauwkeurigheid. Door personele beschikbaarheid was het niet mogelijk het project hiermee te starten. Er is daarom besloten de omgekeerde route te bewandelen. De experimenten zijn uitgevoerd met al beschikbare hardware en de nauwkeurigheid is afgeleid uit de resultaten van de experimenten. De nauwkeurigheid van de meetmethode kan nu naar wens worden aangepast (verbeterd) door te kiezen voor passende hardware. De voor de meetmethode ontwikkelde software hoeft hier niet voor te worden aangepast.
- Tijdens en na het uitvoeren van de experimenten hebben we een aantal tekortkomingen ontdekt in de door de camera vastgelegde beelden. Het testbord bevat zowel (passieve) ArUco tags als een aantal (actieve) LED lampjes. Het doel was om beiden te gebruiken als te detecteren items. Echter, het blauwe licht van de LED's was in daglicht onvoldoende zichtbaar. Dit is opgelost door een kleine set metingen in het donker uit te voeren. Verder verstoort het blauwe licht in sommige gevallen de detectie van de ArUco tags in de hoeken van het testbord. Er waren echter in alle gevallen voldoende correct gedetecteerde tags aanwezig.

Resultaten (projectinhoudelijk, maar ook m.b.t. rapporten, video's, presentaties, vervolgprojecten e.d.):

De resultaten van het project zijn als volgt samen te vatten :

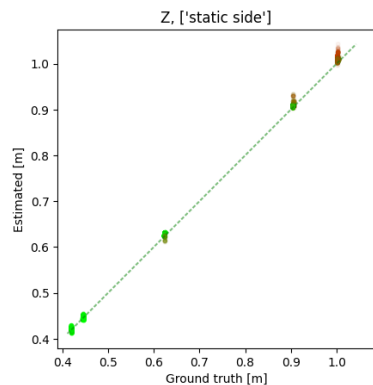
- Een werkend prototype van een optisch positie- en oriëntatiemeetsysteem, op basis van een enkele camera, gebruik maken van passieve (ArUco) of actieve markers (LED's). De broncode is zorgvuldig van commentaar voorzien, om verdere ontwikkeling en het opsporen van fouten te vereenvoudigen.
- De nauwkeurigheid van de ontwikkelde meetmethode is bepaald uit een analyse van de resultaten van experimenten en vergeleek met een andere (zeer nauwkeurige) meting met een NDI Certus systeem.
- De verkregen informatie over de nauwkeurigheid kan worden gebruikt voor het maken van een ontwerp voor een meetsysteem, rekening houdend met de eisen van de specifieke toepassing.

De nauwkeurigheid van de meetmethode is gekwantificeerd door de resultaten te vergelijken met de gemeten "ground truth" (NDI Certus). In de analyse van de nauwkeurigheid wordt onderscheid gemaakt tussen twee verschillende aspecten, te weten de "detection error" en de "estimation error" of "reprojection error".

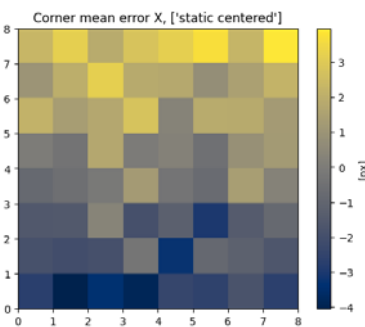
De "detection error" is het verschil tussen gedetecteerde en de werkelijke positie van de tags. De afwijking wordt bepaald in de 2D afbeeldingen die worden vastgelegd door de camera. De nauwkeurigheid die kan worden bereikt hangt af van de (sensor) resolutie van de camera en de (optische) camera kalibratie. Bij goede zichtbaarheid van de tags is deze afwijking meestal niet groter dan 1-3 pixels.

De "estimation error" of "reprojection error" representeert de nauwkeurigheid waarmee de positie en rotatie van de ArUco tags (in de 3D ruimte) kunnen worden bepaald uit de (2D) detectie informatie. De afwijkingen worden gekwantificeerd door uit het 3D eindresultaat opnieuw een 2D projectie te berekenen ("reprojection") en deze te vergelijken met de oorspronkelijk gedetecteerde positie van de ArUco tag. De nauwkeurigheid die kan worden bereikt hangt af van de numerieke methode ("estimation") voor het berekenen van de (3D) positie en rotatie én van de nauwkeurigheid van de (2D) detectie informatie die dient als input. De grootste afwijkingen worden gevonden bij grote kijkhoeken (60-70 graden), omdat deze richting sterk samengedrukte tags laat zien in de videobeelden. Ook wanneer de camera loodrecht op de tags kijkt (0 graden) nemen de afwijkingen toe, omdat de gedetecteerde vorm van de tags op dat moment maar weinig varieert met de kijkhoek. Deze kennis geeft veel aanknopingspunten om bij het ontwerpen van een relatieve positiemeting de meetnauwkeurigheid te optimaliseren voor de specifieke toepassing.

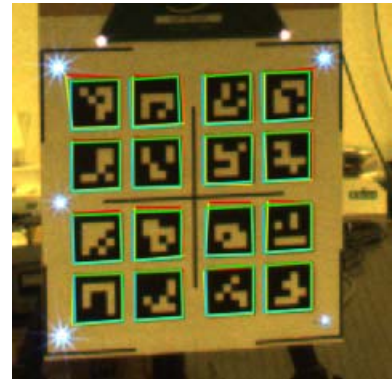
Een selectie van de gemaakte analyse wordt getoond in de onderstaande figuren.



Overall Correspondence



Detection Errors



Reprojection Errors

Follow up:

Mogelijkheden voor verdere ontwikkeling zijn geïdentificeerd. De eerste twee opties waren voor aanvang van het project al benoemd, terwijl de laatste twee ideeën tijdens uitvoering van het huidige project zijn ontstaan.

- Relatieve navigatie onder water voor de mAUV (modular Autonomous Underwater Vehicle). De ontwikkelde methode is onder andere noodzakelijk voor het nauwkeurig binnenvaren van een kooi of ander beperkte ruimte voor “launch and recovery” operaties.
- Relatieve navigatie boven water voor MARIN’s autonome RHIB. Ook hier is de ontwikkelde methode onmisbaar voor veilige en efficiënte “launch and recovery”.
- Relative positiemeting boven water in onze modelbassins. We gaan dit toepassen in een recent gestart EU-project “MOSES”, waarbinnen wij werken aan autonomie van een container feeder vessel.
- Binnen onze bassins is GPS ontvangst niet mogelijk, vanwege de stalen dakconstructies. We gaan onderzoeken of de ontwikkelde meetmethode kan worden gebruikt als basis voor een “GPS mimick” in onze modelbassins.

Waarom was de haalbaarheidsstudie & subsidie nodig:

De toegepaste methode is niet geheel nieuw, maar kent een groot aantal parameters die de performance bepalen. Er was nog geen meetdata beschikbaar, die kon worden gebruikt voor ontwikkeling en validatie van meetmethode en als basis voor een concreet ontwerp. Het huidige project is de eerste stap in het ontwerp en bouw van een relatieve positiemeting aan boord van MARIN’s mAUV, waarbij specifiek is gekozen voor gebruik van een enkele camera.

Waar en wanneer is gepubliceerd:

De resultaten van het huidige onderzoek zijn nog niet buiten MARIN gepubliceerd. Het is onze bedoeling om pas een conferentiepapier te schrijven na het gebruiken van de ontwikkelde methode in een praktische toepassing, zoals bijvoorbeeld de mAUV.

Binnen een MIIP-project moet er sprake zijn van samenwerking, bijvoorbeeld tussen een kennisinstelling en private partijen en/of daarop gericht te zijn. Hoe is dit in dit project geborgd?

Er is tijdens de uitvoering van het project overleg geweest met DMO (Paul Dröge). Daarbij is besproken wat de meerwaarde is van de ontwikkelde methode en hoe deze kan worden toegepast in de mAUV. Ook andere toepassingsmogelijkheden, zowel onder als boven water zijn besproken. Verder zijn het huidige project en plannen voor de toekomst gepresenteerd tijdens de RVO review meeting bij MARIN (28 September 2020).

Financiële Rapportage

Zie Excel bijlage.

Bijzonderheden

Geen.