

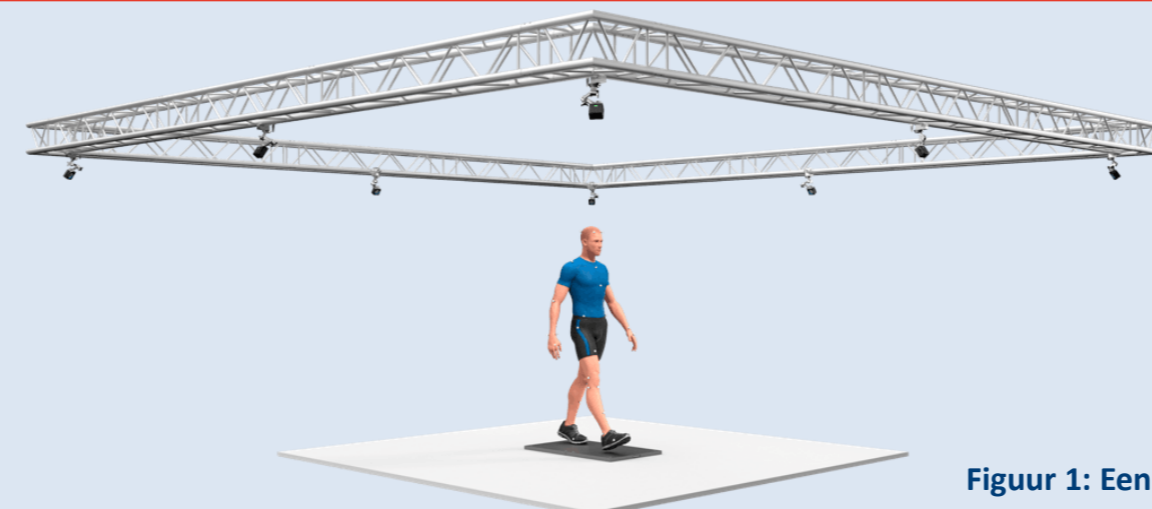
De ontwikkeling van een kostenefficiënt motioncapturesysteem

Joni Vanherck

master IIW Informatica

Introductie

Motioncapture is een technologie die wordt gebruikt om nauwkeurig de **bewegingen** in een ruimte **vast te leggen**. Deze technologie vindt toepassingen in diverse domeinen, zoals filmproductie, videogames, Virtual Reality-applicaties en dergelijke. Er bestaan **commerciële** motioncapturesystemen zoals **OptiTrack** (zie Figuur 1) [1].

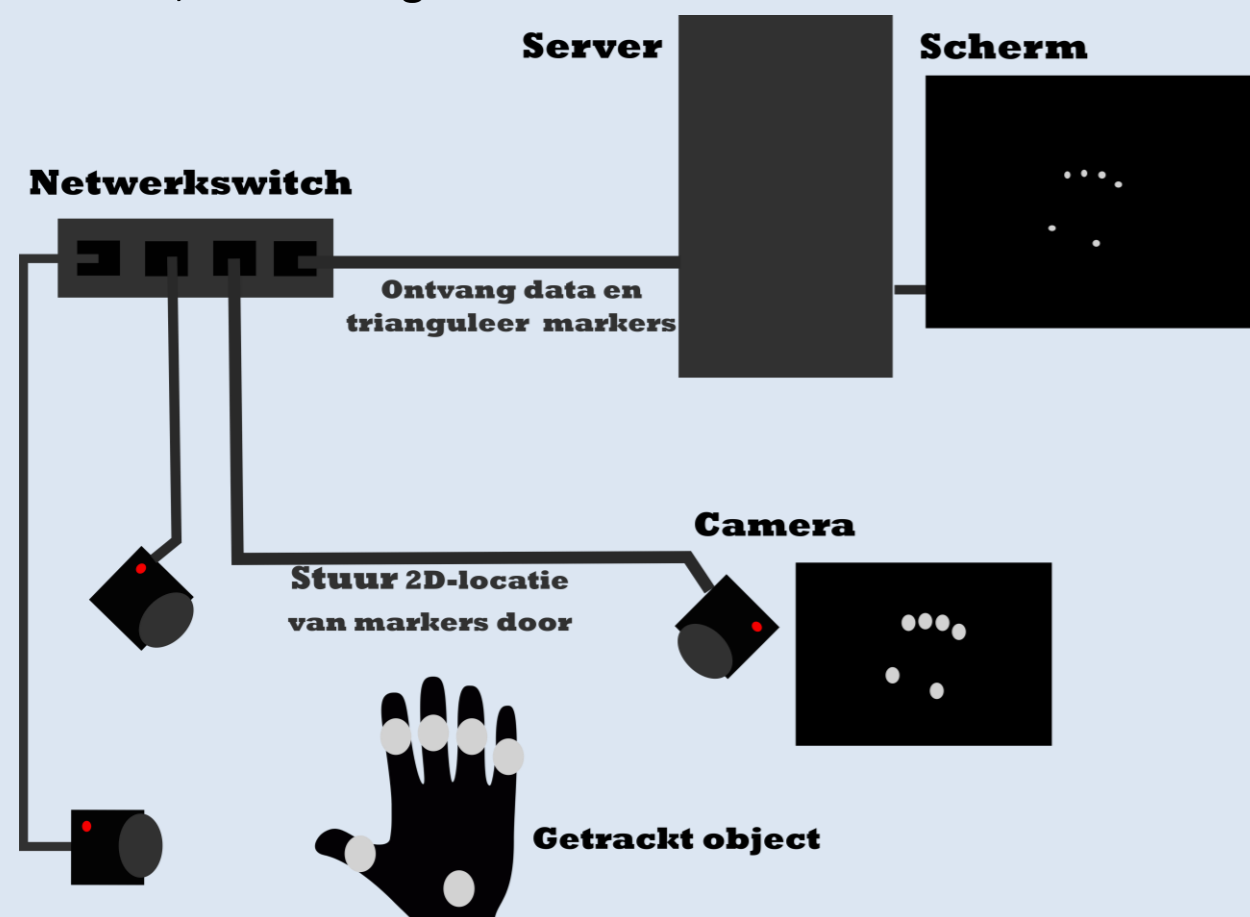


Figuur 1: Een OptiTrack motioncapturesysteem [1]

Deze systemen zijn **niet goedkoop**, waardoor de technologie **niet toegankelijk** is voor kleine bedrijven, projecten en cultuurhuizen. Deze masterproef onderzoekt in welke mate het mogelijk is een **kostenefficiënt alternatief** voor deze systemen te ontwikkelen, dat eenvoudig te installeren is.

Methode

Systeem – Een overzicht van de **basiswerking** van het systeem is zichtbaar in Figuur 2. Voordat het motioncapturesysteem gebruikt kan worden, moet het gekalibreerd worden.

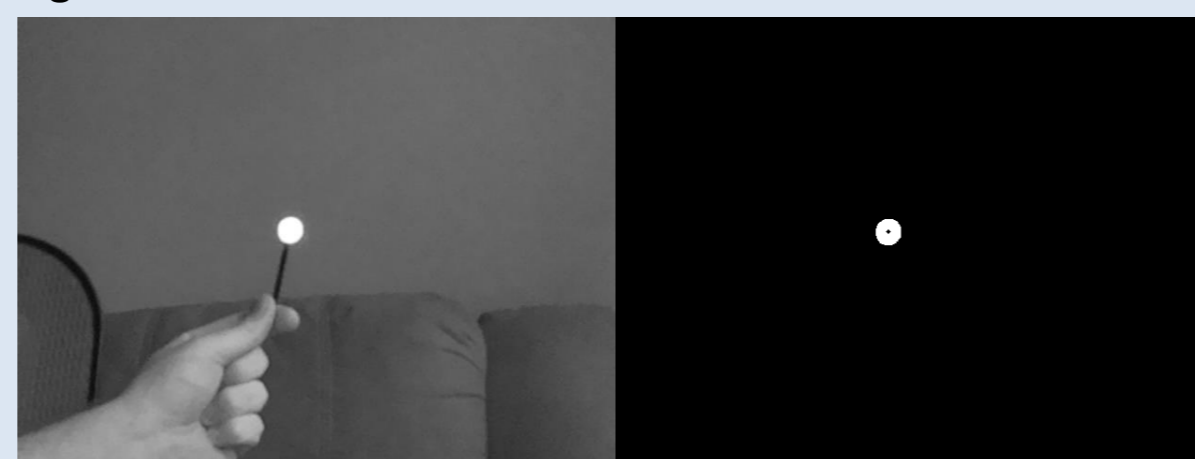


Figuur 2: Een overzicht van de werking van het motioncapturesysteem

Hardware – De hardware is een belangrijk onderdeel van het systeem aangezien dit het systeem kostenefficiënt maakt. Om het systeem te bouwen is er nood aan **camera's**, een **server** (een recente laptop voldoet) en een **netwerkswitch**. De **Raspberry Pi 3B** kan verkregen worden voor minder dan €50 en bezit beperkte verwerkingskracht, toegang tot een camera en netwerkconnectiviteit. Gezien het systeem retro-reflectieve markers tract, is er ook nood aan **infraroodverlichting** op de camera.

Figuur 3 geeft een overzicht van de componenten en de verbindingen van een camera.

Motioncapturecamera – Het doel van de camera is het **detecteren** van **markers** en de **2D-locatie doorsturen** naar een centrale server. Voordat de camera nauwkeurig de markers kan detecteren, wordt die gekalibreerd en wordt mogelijke distorsie van de lens weggewerkt. De detectie gebeurt aan de hand van **thresholding**, **erosion**, **dilation** en **blob detection**. De beeldverwerking wordt weergegeven in Figuur 4.

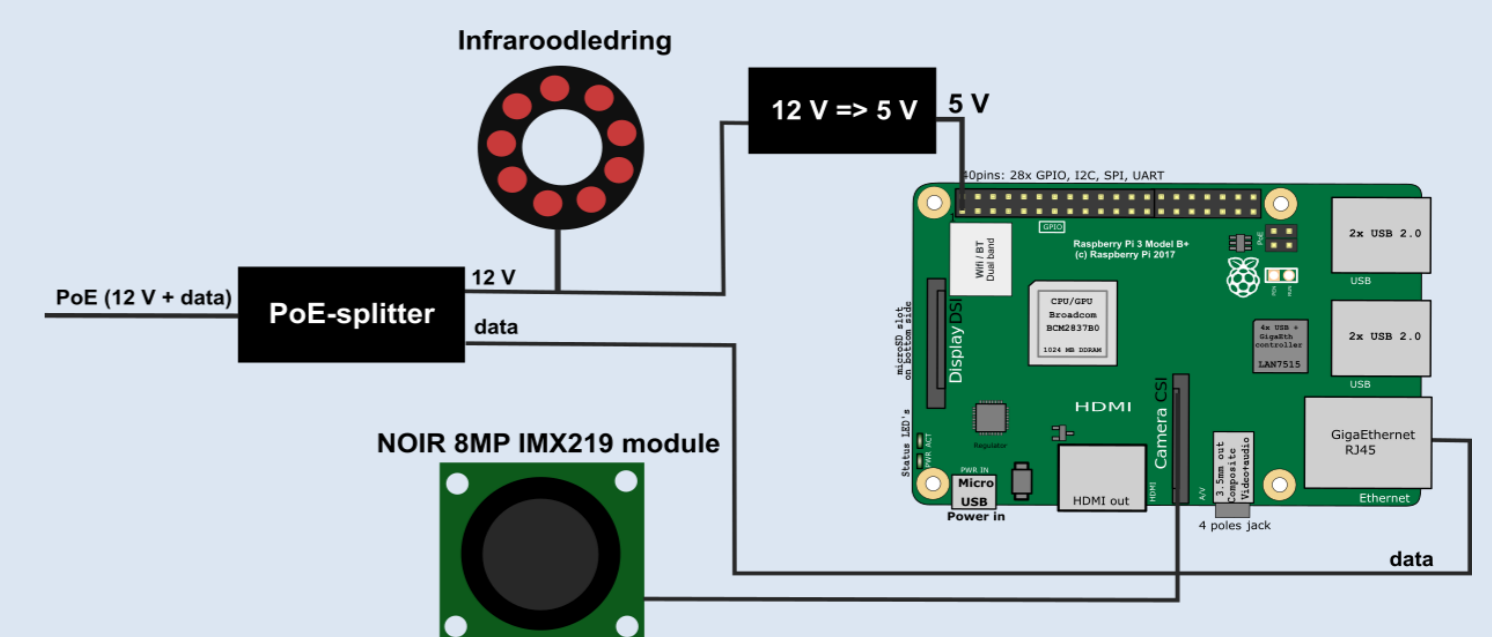


Figuur 4: Een beeld van de camera voor de detectie (links) en erna (rechts)

Koppeling van camera's en server – De camera's en de server **communiceren** via een **Transmission Control Protocol-socket**. De camera's worden op dezelfde manier **gesynchroniseerd**.

Motioncaptureserver – De server zorgt voor de **extrinsieke kalibratie** van de camera's met **bundle adjustment**. Hierna worden de gedetecteerde markers uit het ene beeld **gematcht** met overeenkomstige markers uit andere beelden met behulp van **epipolaire geometrie**. Ten slotte worden de markers **getrianguleerd** naar een virtuele 3D-wereld.

Validatie – Bij de validatie wordt de **nauwkeurigheid** van het systeem voor verschillende resoluties (640x480, 640x320, 1280x720 en 1920x1080) bepaald door de gerapporteerde relatieve afstand tussen twee markers te vergelijken met de werkelijke, gekende afstand. Daarnaast wordt ook de **framerate** bepaald en wordt er een kleine **use case** uitgewerkt die een van de mogelijke toepassingen weergeeft. Het systeem bestaat hiervoor uit 3 camera's.



Figuur 3: Een overzicht van de cameracomponenten en de verbindingen

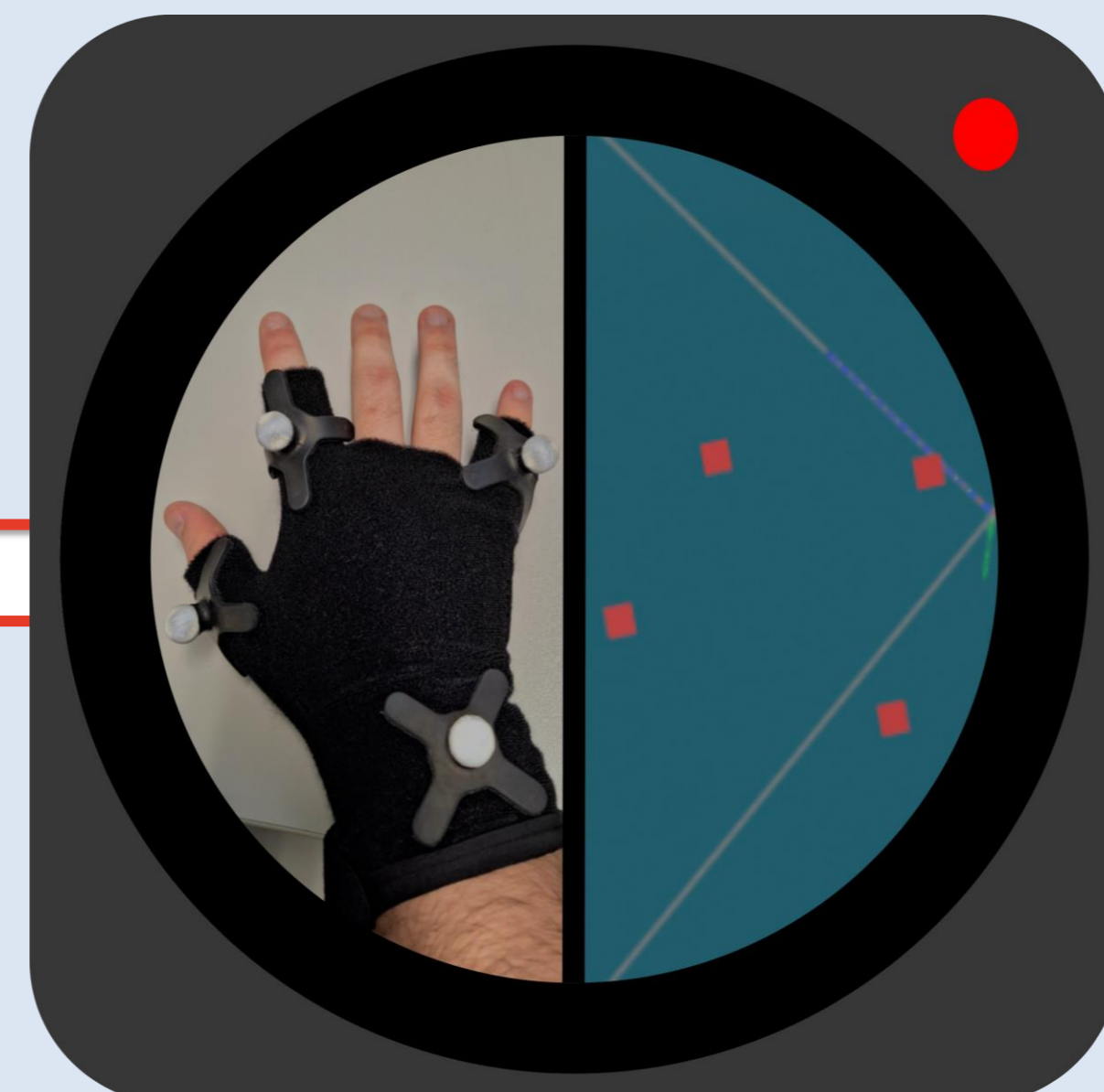
Resultaten

Figuur 5 toont de uitgewerkte **use case** in werking. Deze Figuur toont **empirisch** aan dat het systeem **functioneert**. Tabel 1 toont de relatieve nauwkeurigheid ten opzichte van de afstand tot de camera's voor elk van de camera's voor elk van de geteste resoluties. Uit de Tabel blijkt dat het systeem een **nauwkeurigheid** heeft van **minder dan 1 mm** voor een resolutie van 640x480 tot een afstand van 4 m.

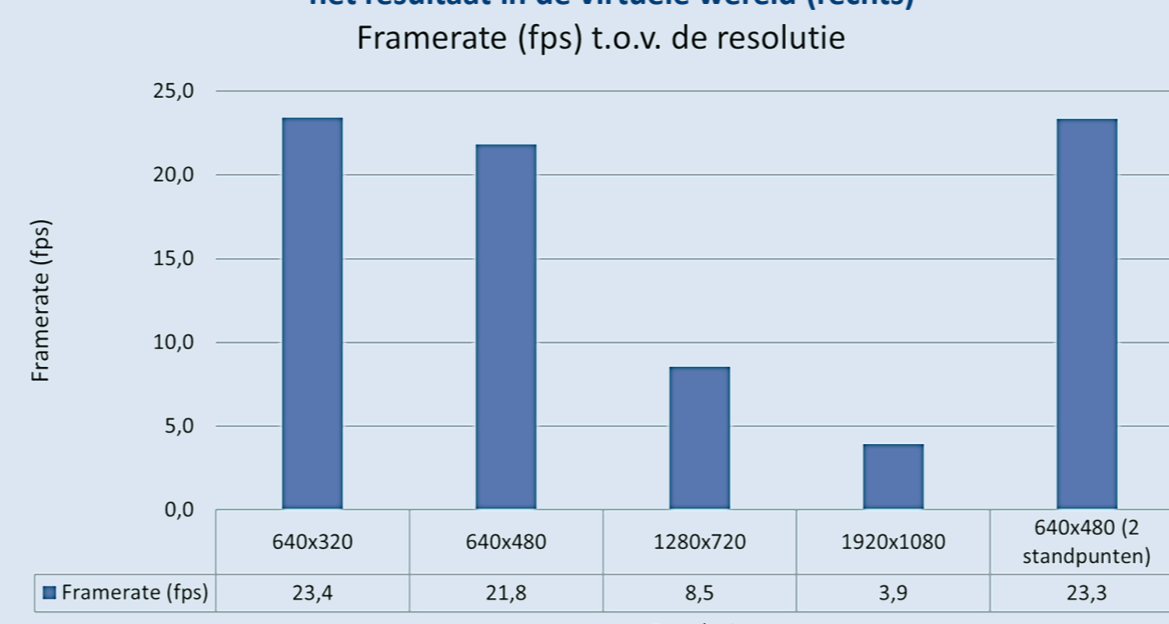
Tabel 1: De relatieve nauwkeurigheidstfout ten opzichte van de afstand tot de camera's voor elk van de geteste resoluties

Afstand tot de camera's (m)	Relatieve nauwkeurigheidstfout (mm)									
	640x320		640x480		1280x720		1920x1080		640x480 (2 standpunten)	
	Gem.	Stdev.	Gem.	Stdev.	Gem.	Stdev.	Gem.	Stdev.	Gem.	Stdev.
1,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,5	0,6	0,2	0,1	0,2	0,3	0,1	0,9	0,1	0,4	0,0
2,0	0,3	0,0	0,3	0,2	0,6	0,1	1,6	0,1	0,5	0,3
2,5	0,3	0,1	0,2	0,2	1,2	0,3	2,4	0,1	0,3	0,0
3,0	0,3	0,1	0,7	0,2	1,7	0,2	3,3	0,2	0,6	0,3
3,5	0,9	0,3	0,6	0,4	1,3	0,3	4,2	0,2	2,3	0,8
4,0	0,5	1,1	0,4	0,5	0,6	3,4	4,2	1,3	2,4	0,9

De **framerate** van het systeem wordt getoond in Figuur 6. Hoe hoger de resolutie wordt, hoe trager de framerate zal zijn. De **beeldverwerking** zal **langer duren** voor afbeeldingen met **veel pixels**. Er zijn hier nog heel wat optimalisaties mogelijk/nodig.

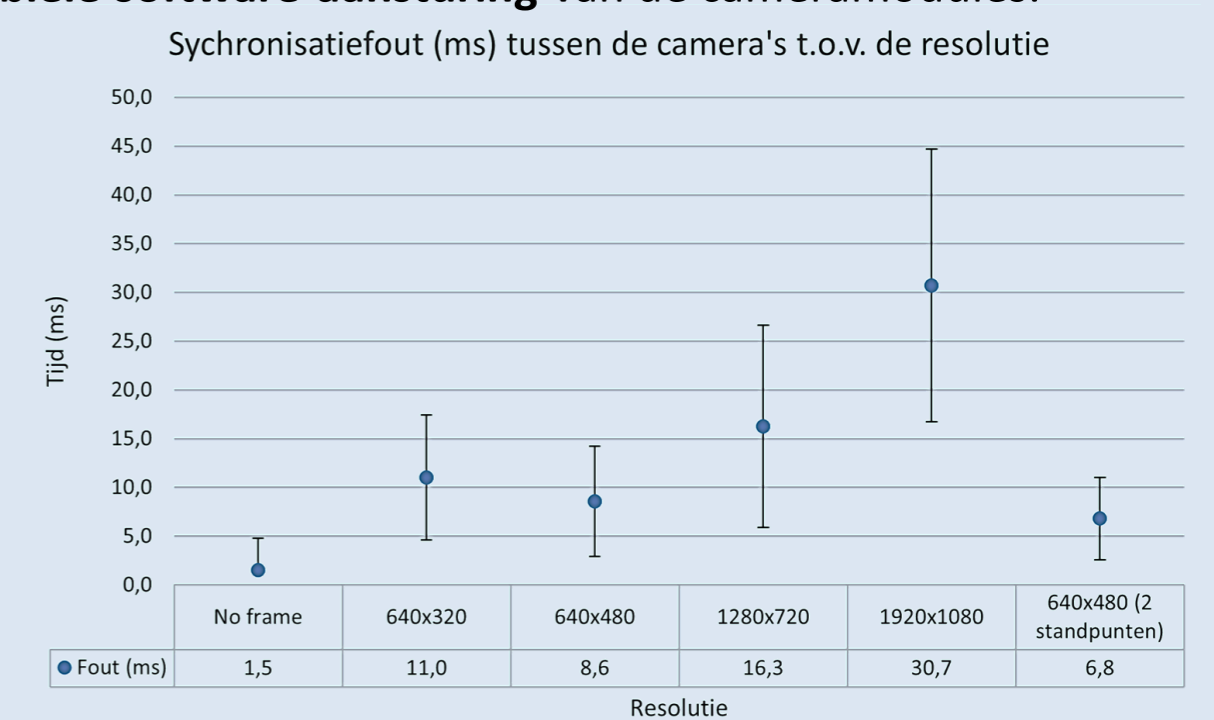


Figuur 5: De uitgewerkte use case (hand-tracking): de hand met markers (links) en het resultaat in de virtuele wereld (rechts)



Figuur 6: Framerate (fps) t.o.v. de resolutie

De **synchronisatiefout** is het tijdsverschil tussen het opnemen van de frames van de camera's. Uit Figuur 7 blijkt dat de synchronisatiefout **afhankelijk** is van de **resolutie**. Dit wijst op een **instabiele software-aansturing** van de cameramodules.



Figuur 7: Synchronisatiefout (ms) tussen de camera's t.o.v. de resolutie

Een mogelijke oplossing hiervoor is **hardware-triggering** van de cameramodules. De synchronisatiefout heeft een grote invloed op de nauwkeurigheid van het systeem.

Conclusie

Deze thesis geeft de **a aanzet** tot een **goedkoop motioncapturesysteem** dat **toegankelijk** is voor iedereen. Het systeem is eenvoudig te installeren en bestaat uit goedkope, commerciële hardware. Daarnaast kan het systeem ook gemakkelijk worden **uitgebreid** door het aantal camera's en het aantal markers te vergroten. Uit de resultaten blijkt dat er nog **veel ruimte** is voor toekomstig onderzoek. Er zijn veel **optimalisaties** die de **performantie** en de **gebruikerservaring** van het systeem kunnen **verbeteren**. Enkele voorbeelden hiervan zijn: verbeterde synchronisatie, codevertaling naar performante programmeertalen zoals C++ en de temporale factor bij het matchen van de markers. Daarnaast zou het systeem ook uitvoerig **vergeleken** kunnen worden met **high-end commerciële systemen** zoals OptiTrack.

Promotoren / Copromotoren / Begeleiders

Prof. Dr. Nick Michiels (UHasselt, EDM)
Prof. Dr. Peter Quax (UHasselt, EDM)

Referenties

[1] OptiTrack - Motion Capture Systems. adres: <https://optitrack.com/> (bezocht op 20-03-2023).