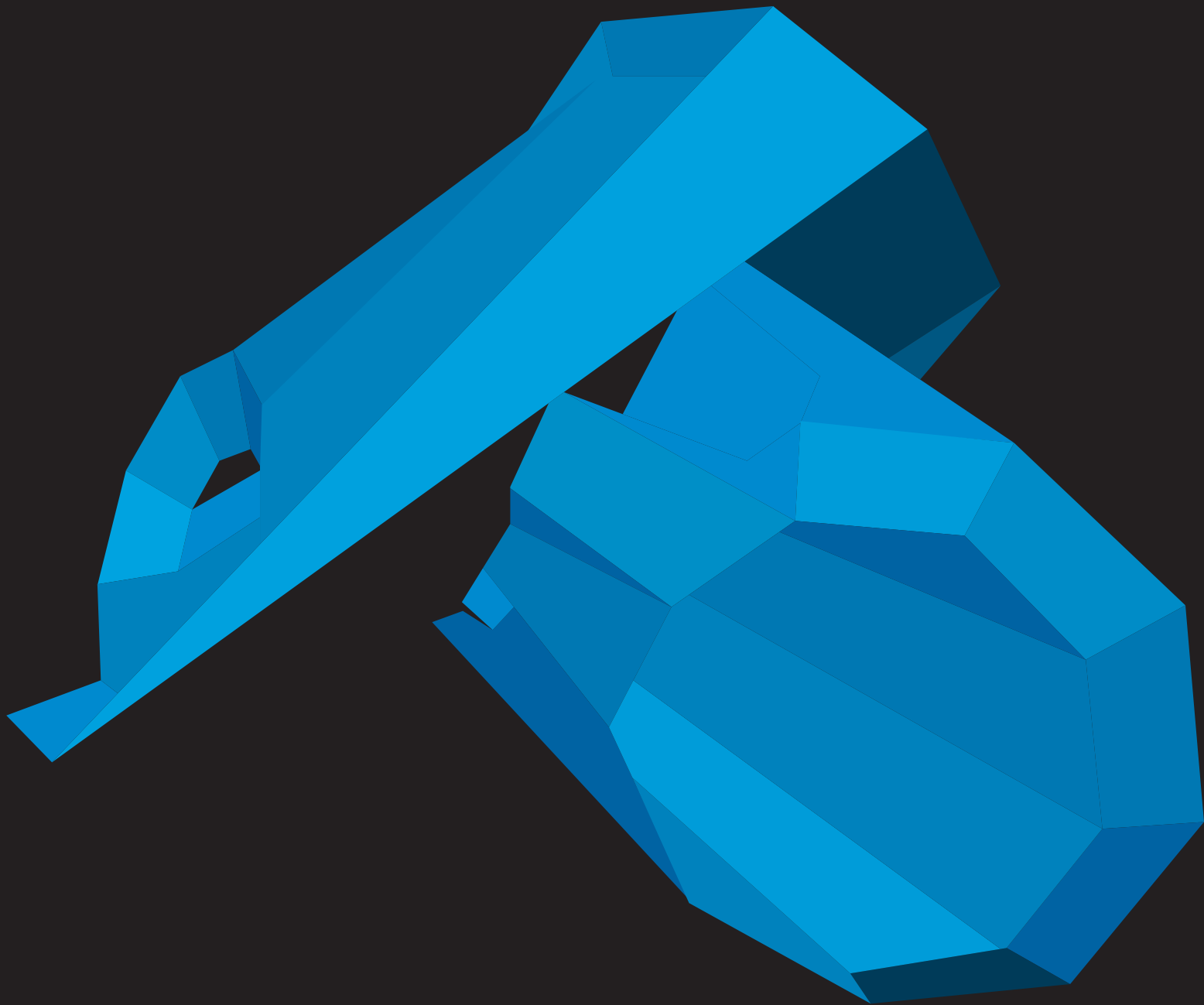


Tweehandig modelleren in een gemengde realiteit



Ruben Kruiper
Rawshaping Technology
24 augustus 2012
Universteit Twente Industrieel Ontwerpen

Tweehandig modelleren in een gemengde realiteit

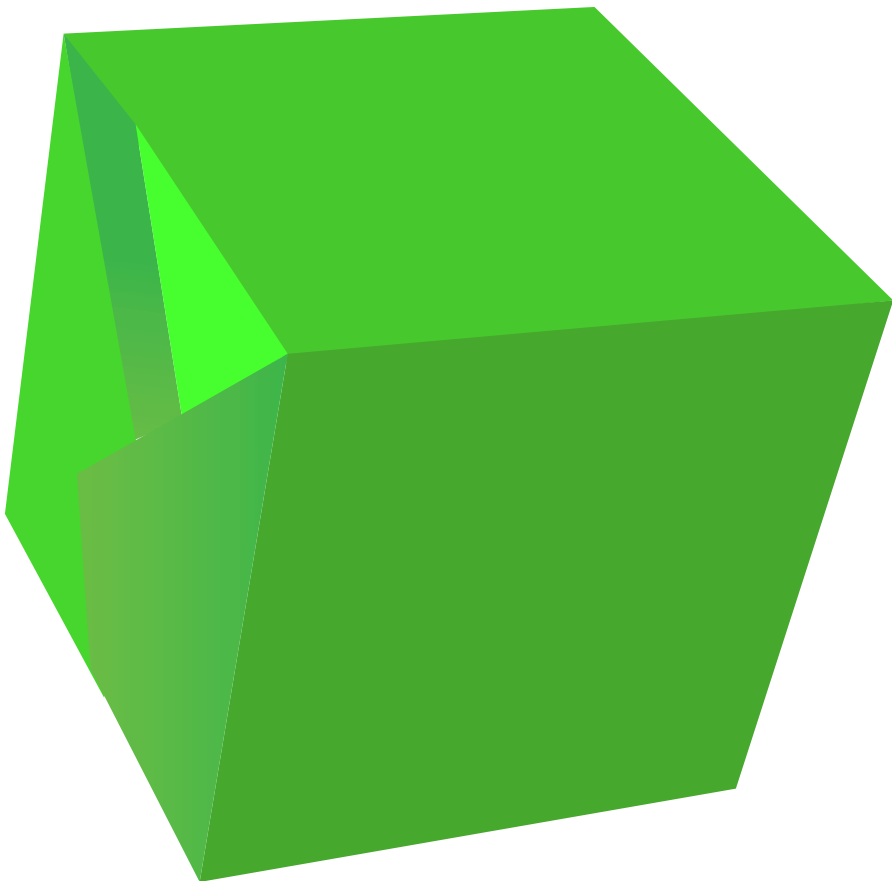
Een onderzoek naar de mogelijkheid van een digitaal/analoog hybride ontwerptool

Student Ruben Kruiper
Studentnummer s0165468
Opleiding Industrieel Ontwerpen
Tentamendatum 30 augustus 2012

Rawshaping Technology

Eerste examiner Robert Wendrich
Tweede examiner André de Boer

Voorzitter examencommissie Prof. Dr. Ir. A.O. Eger
UT-begeleider R. Wendrich



Voorwoord

Drie maanden geleden vroeg ik Robert Wendrich “heeft u misschien nog een leuke Bachelor opdracht liggen?” Robert had alleen maar leuke Bachelor opdrachten liggen, kreeg ik te horen. Voor Raw Shaping waren er plannen voor het maken van nieuwe ontwerptools, waar nog onderzoek naar gedaan moest worden. Mijn keuze viel op een onderzoek naar de mogelijkheid om 3D modellen te vervormen met behulp van RFID. Interessant, omdat het ontwerpen van een ontwerptool nog een stap verder gaat dan het ontwerpen van een product.

Het resultaat van dit onderzoek ligt voor u. Voor de totstandkoming ervan wil ik ten eerste Robert zelf bedanken, voor zijn begeleiding en positieve insteek. Daarnaast wil ik graag Armin Weiss en Jochen Disser van AR-Tracking bedanken voor het lenen van de apparatuur en de bereidheid om me te helpen om deze aan te sluiten. Tot slot wil ik iedereen bedanken die me een stap verder heeft geholpen op de momenten dat ik vastliep.

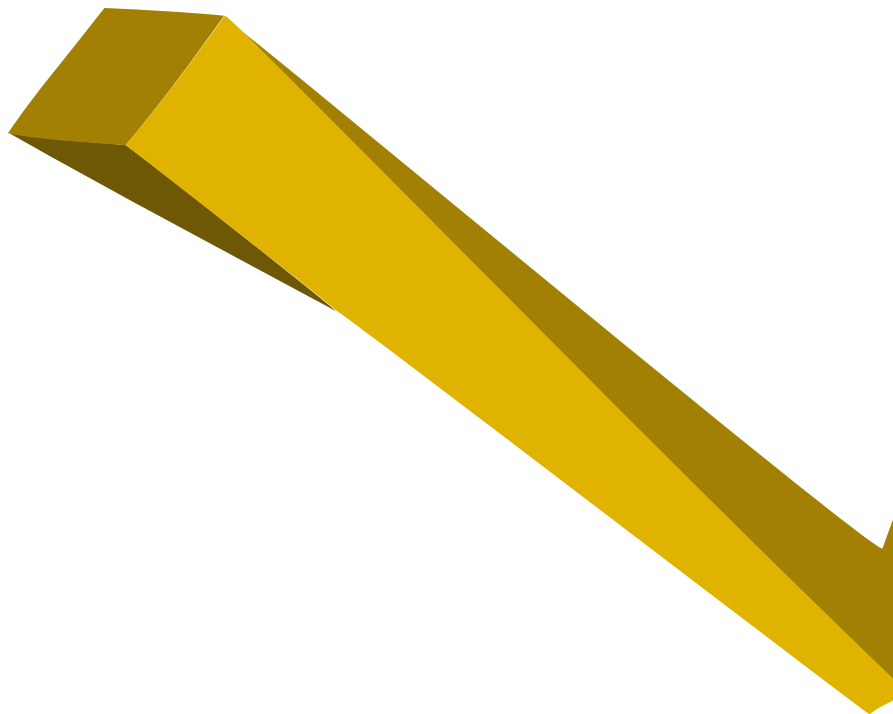
Samenvatting

Dit verslag beschrijft een onderzoek naar de mogelijkheden van een nieuwe ontwerptool. Het doel van de ontwerptool is om analoge en digitale vormgevingsvaardigheden te koppelen tot een hybride wijze van vormgeven. Het analoge deel bestaat uit een voorwerp dat gemanipuleerd wordt. Deze manipulaties worden met 3D tracking gemeten en digitaal weergegeven.

De opdracht is onderdeel van Rawshaping Technology aan de Universiteit Twente. Eerst wordt ingegaan op de doelstelling van deze werkgroep: het bevorderen van de ontwerpvrijheid en snelheid in de beginfase van het ontwerptraject. Vervolgens worden 3D tracking en modelleren toegelicht en wordt iets verteld over de gebruikte technieken.

Het onderzoek wordt uitgevoerd middels het maken van de opstelling, welke wordt ontworpen aan de hand van een programma van eisen en wensen. Deze eisen en wensen vloeien onder andere voort uit de doelstelling van Rawshaping Technology. Voor het werkend krijgen van een proefopstelling is veel contact geweest met de leverancier van de apparatuur. In de tussentijd zijn enkele analoge modellen gemaakt.

Nadat de proefopstelling functioneerde, is op verscheidene manieren geprobeerd de analoge input om te zetten in een digitale representatie. Met de resultaten van deze pogingen, de opgedane kennis over software- en hardware aansluiting en het vooronderzoek is een conclusie geformuleerd aangaande het behalen van de doelstellingen van de werkgroep. Uit deze conclusie wordt duidelijk dat het mogelijk is om een opstelling te maken die voldoet aan een groot deel van deze doelstellingen. Naar aanleiding van dit onderzoek en de voorlopige conclusies worden aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek.



Abstract

This paper describes the research on the possibility of a new design tool. The purpose of this tool is to combine analog and digital design skills to create a hybrid form of design. The part that accounts for the analog design skills consists of an object (in example malleable material, wire etc.) which can be manipulated. These manipulations will be measured and digitally represented by using 3D tracking techniques.

The assignment is part of Rawshaping Technology (RST) at the University of Twente. Firstly, the goal of RST will be clarified: improving the speed and freedom of design during the first design stage. Secondly, 3D tracking and modelling techniques will be elucidated as well as the techniques which have been used.

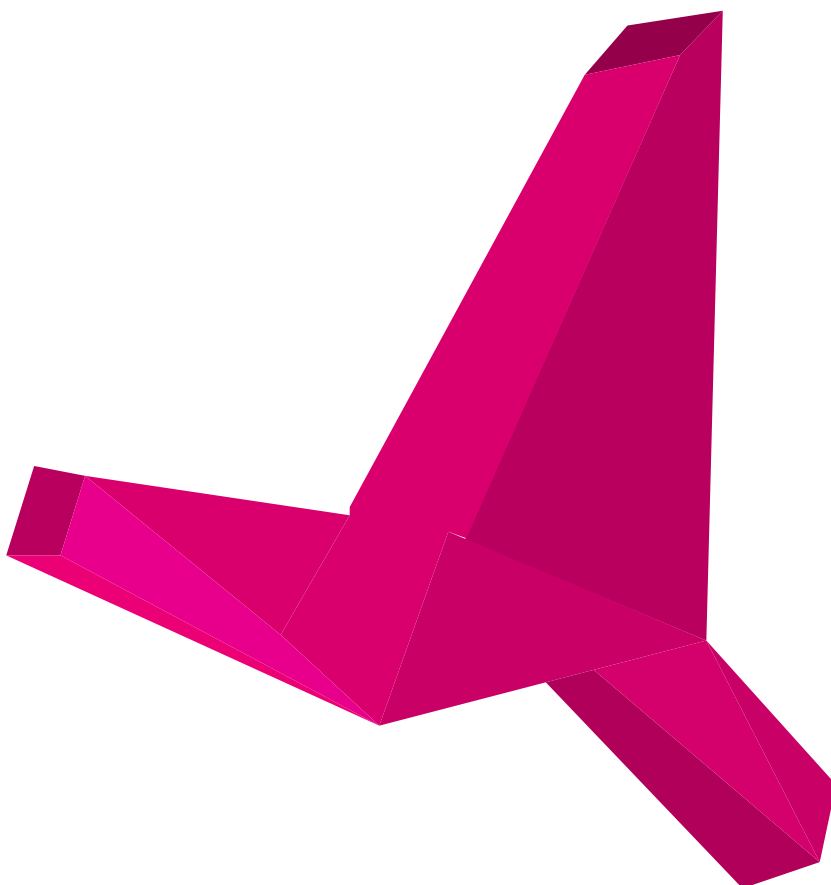
The research is conducted by making the tool, of which the design is based on a list of demands and wishes. The demands and wishes on this list are derived from the goals of Rawshaping Technology. To get the tool to function, a lot of contact with the supplier of the equipment was required. While waiting for response some analog models have been made.

At the time the equipment was connected, several attempts to digitally represent the analog input have been executed. With the results of these attempts, the knowledge gained on both the hardware and software connection, and the preliminary investigation, a conclusion was drawn concerning the achievement of the goals of Rawshaping Technology. It becomes clear that a large part of the requirements are met, or at least could be met with the prototype. This conclusion leads to several recommendations for future research



Inhoudsopgave

Voorwoord	1
Samenvatting	2
Abstract	3
Inhoudsopgave	4
Inleiding	5
Raw Shaping Technology	6
3D Tracking	8
RFID	
Gebruikte apparatuur	
Software	10
Werkwijze	12
Praktijk	13
Opstelling	
Programma van Eisen	
Aansluiten SMARTTRACK	18
Aansluiten software	20
Modellen	23
Testen met het draadstaalmodel	26
Testen met de software	30
Driver Keys	
Conclusie	36
Aanbevelingen	
Bijlagen	39
Referenties en bronnen	46



Inleiding

Deze opdracht is een onderdeel van 'Rawshaping Technology' (RST), waarbij het de bedoeling is om een hybride (zowel analoge als digitale) werkwijze van ontwerpen tot stand te brengen met behulp van computergestuurde technieken.

Het doel van de opdracht is om een opstelling te ontwikkelen om fysiek te kunnen modelleren met behulp van digitale ondersteuning van een computer. Het resultaat is het aantonen van de haalbaarheid van een opstelling die voldoet aan de doelstelling van RST door middel van onderzoek, exploratie en het bouwen van een functioneel prototype.

De voorgestelde interactie vindt plaats door het manipuleren van kneedbare materialen of constructies om driedimensionale voorwerpen virtueel te representeren en visualiseren. Hierbij wordt een combinatie gemaakt tussen bestaande technieken, beschikbare materialen, open software en COTS¹ componenten. De vervorming van het analoge model kan worden gevisualiseerd door een 'tracking systeem', dat een representatie visualiseert op een beeldscherm.

In de volgende hoofdstukken zal eerst ingegaan worden op de achtergrond van de opdracht. RST en Raw Shaping Form Finding (RSFF) zullen toegelicht worden. Tevens zal ingegaan worden op 3D tracking en de apparatuur en software die hiervoor gebruikt worden. De kern van het verslag begint bij de werkwijze. Deze begint met het opstellen van eisen en wensen en een ontwerp voor de opstelling. Daarna zal ingegaan worden op het aansluiten van zowel de apparatuur als de software. Aan de hand van de vorderingen zijn enkele tests gedaan, waarvan de resultaten zullen bijdragen aan het formuleren van een conclusie. Ten slotte worden er aanbevelingen gedaan voor een toekomstig ontwerp van de opstelling.

1) COTS: Commercially available Off-The-Shelf, producten die in aanzienlijke hoeveelheden verkrijgbaar zijn op de commerciële markt.

"In such we can conclude that emerging digital design technologies are perceived as replacements for traditional skills, and therefore as potentially threatening to deskill novices, journeyman and professionals." (Wooley, 2004)

Raw Shaping Technology

Rawshaping technology (RST) is onderdeel van Raw Shaping Form Finding (RSFF). RSFF richt zich op de eerste fase van het ontwerpproces, wanneer nog niet veel over de ontwerprichting bekend is. In deze fase probeert een ontwerper zijn abstracte ideeën over de vorm van een product te representeren met een tweedimensionale of driedimensionale voorstelling ervan. De ontwerptools die hij hiervoor gebruikt beperken in meer of mindere mate zijn ontwerpvrijheid. Daarom zal hij naast vlugge tweedimensionale schetsen verschillende methoden gebruiken om een duidelijker beeld over de vorm te creëren. De ontwerpvrijheid tijdens dit proces is essentieel volgens RSFF.

Door de opkomst van virtueel ontwerpen is het designproces voor een groot deel van analoog naar digitaal verschoven. Door deze verschuiving zijn ontwerpers gebonden aan de beperkingen van deze digitale ontwerpmethoden. De beperkingen van de ontwerpvrijheid worden bepaald door de beperkingen in bestaande software en hardware zoals keyboard en muis.

Tevens wordt de focus in het ontwerpproces te veel gelegd op twee dimensionale schetsen vertalen naar een CAD model. Hierdoor bestaat geen of nauwelijks fysieke of materiele interactie, behalve met een computer, en verliest een ontwerper gevoel voor vorm in de ruimte.

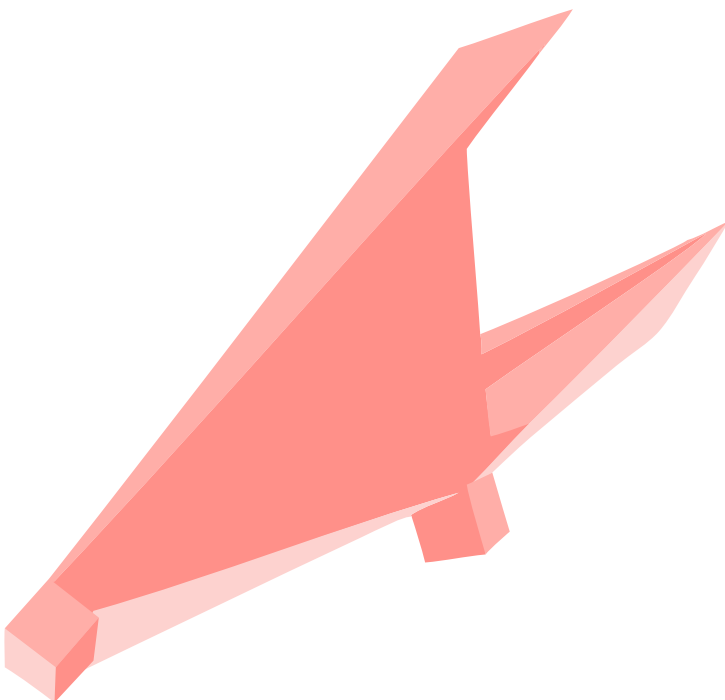
De representatie die een ontwerper in de beginfase maakt zou een som moeten zijn van meerdere vormelementen, esthetische waarden, intuïtieve kwaliteiten en gewenste functionaliteit. Een goede ontwerper kiest deze elementen zorgvuldig en brengt ze samen tot een harmonieus geheel, rekening houdend met functionele aspecten (Wendrich, 2009). RSFF probeert daarom manieren te vinden om het analoog en digitaal ontwerpen te combineren. Zo verliezen ontwerpers minder controle, directheid, handigheid en vaardigheid als ontwerper ten gevolge van het gebruik van digitale ontwerptools. De ontwerptool die in deze opdracht onderzocht wordt bestaat uit reeds aangeleerde analoge input, gecombineerd met een digitale representatie van het model en de bewerkingen.

Om erachter te komen waaraan een digitale ontwerptool moet voldoen, is in 2004 een onderzoek onder werktuigbouwkundige en studenten industrieel ontwerpen gehouden (Wendrich, 2009). Hieruit bleek dat zij dachten dat virtueel ontwerpen erg nuttig kan zijn als:

- De tool meer inzicht en begrip creëert
- De tool in eerste instantie zonder voorkennis te gebruiken is
- De tool bijdraagt aan een sneller proces binnen de oplossingsruimte
- De tool visuele en tastbare representatie impliceert
- De tool zet aan tot gemakkelijke ideevorming en conceptvorming
- De tool simulatie toelaat en genereert
- De tool intuïtieve en ongebonden interactie toelaat

RSFF houdt zich bezig met onderzoek naar deze ontwerpfase en de effectiviteit van gebruikte representatiewijzen. RST doet onderzoek naar het creëren van representaties op een hybride wijze en ontwerpt hier tools voor. Hierbij is het de bedoeling dat er geen afbreuk wordt gedaan aan de ontwerpvrijheid die bij analoog ontwerpen bestaat. Daarnaast is het streven dat er een digitale representatie gemaakt kan worden van ideeën over vorm. Deze ideeën moeten via een iteratief proces gevormd kunnen worden, waarbij het mogelijk is om een eerder model terug te halen. Zo kan een synthese gevormd worden van diverse iteraties. Het proces werkt naar een niet van tevoren gedefinieerd resultaat toe.

"In our research we focus on the metacognitive aspects of user interaction and tool use, wherein the wheels of causality are set off through coincidence, unpredictability and unexpected events"
(Wendrich, 2012)



3D tracking

Om de interactie met de ontwerptool te kunnen meten, zal gebruik gemaakt worden van 3D tracking. Het vastleggen van bewegingen in een driedimensionale omgeving komt vanuit de biomechanica en wordt op steeds meer manieren vastgelegd. Het meten van de bewegingen gebeurt door het meten van de afstand tot de sensor. Dit is op verschillende manieren mogelijk: mechanisch, magnetisch, optisch (visueel of infrarood), akoestisch en systemen gebaseerd op inertie of gyroscopen. Daarnaast worden er ook hybride systemen gebruikt, die twee of meer technieken combineren (bron: AR-Tracking). Zie ook bijlage 1 voor meer informatie over verschillende manieren van 3D tracking en hun werking.

Het scannen van het model is afhankelijk van de apparatuur. Omdat een doel van de opdracht is dat de apparatuur COTS is, was de planning om gebruik te maken van RFID.

RFID

Uit vooronderzoek werd duidelijk dat RFID niet geschikt is voor het meten van coördinatensystemen. RFID is gebaseerd op het zenden van een radiosignaal naar een chip. De chip reageert op dit signaal en laat daarmee weten aanwezig te zijn in de buurt van de ontvanger. De scanners zijn niet nauwkeurig omdat het signaal diffuus verzonden wordt. Ze meten alleen aanwezigheid van een RFID chip, maar zijn niet in staat om de afstand te meten. Dit zou kunnen worden opgelost met het time-of-flight principe en een driehoeksmeting met meerdere ontvangers.

Omdat voor een driehoeksmeting gebruik gemaakt moet worden van meerdere ontvangers, en de opstelling gebruik van meerdere chips vereist, zal er interferentie ontstaan in het signaal. Hierdoor kan het signaal aangetast worden. Dit hoeft niet direct een probleem te zijn, maar het signaal kan ook gedoofd worden waardoor er niets gemeten wordt.

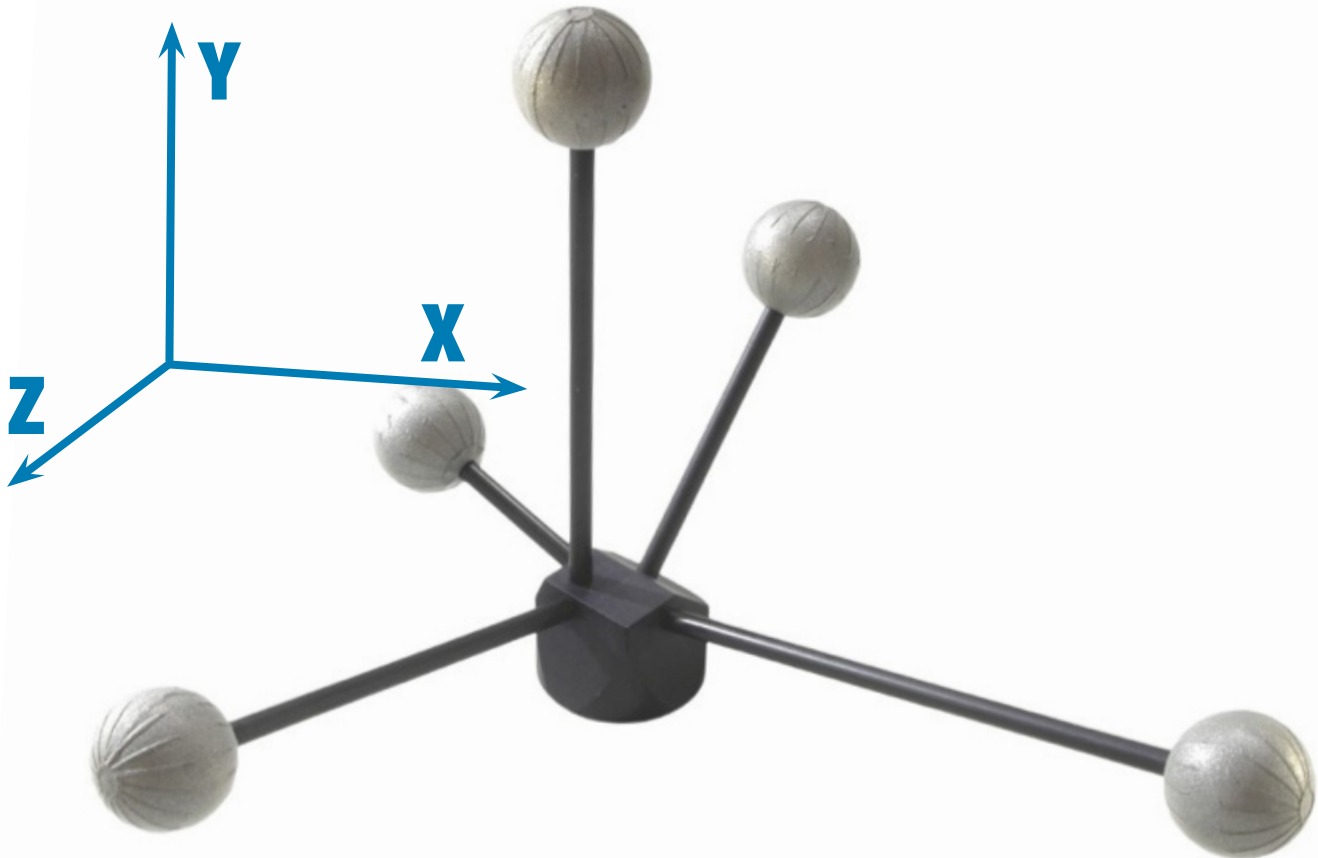
Een mogelijke toepassing van RFID is om verschillende fysieke artefacten waarvan een digitaal model bestaat, te voorzien van een RFID chip. Wanneer het artefact bij een scanner wordt gehouden, kan dit model als startsituatie genomen worden. Als een model of bepaald onderdeel geprint is, kan deze gemakkelijk aangepast of toegevoegd worden aan een ander model.

Gebruikte apparatuur

Van de contactloze trackingsystemen zijn optische systemen het meest accuraat. Er ontstaat geen vertekend beeld door bijvoorbeeld metaal zoals bij magnetische systemen het geval is, of een vertraagde meting die bij systemen die gebaseerd zijn op inertie kan voorkomen. Optische trackers werken met sensoren voor licht binnen het visuele domein of het infrarode domein. Via Advanced Realtime Tracking (ART), een Duits bedrijf gespecialiseerd in 3D tracking met behulp van IR, was het mogelijk om een SMARTTRACK te gebruiken.

De werking van een IR tracking systeem is gebaseerd op het meten van de afstand tussen verschillende punten met behulp van driehoeksmetingen. Hier zijn twee IR camera's en een infrarood lichtbron voor nodig. Dit licht reflecteert op het te tracken voorwerp en wordt door de camera opgevangen. De twee camera's genereren beide een overlappend beeld in grijswaarden. Door middel van patroonherkenning wordt de 2D data van een body bestaande uit minimaal vier markers beschreven. Deze 2D informatie van beide beelden wordt gebruikt om de 3DOF en 6DOF² data te genereren. Via een ethernetkabel wordt deze data naar de computer verstuurd, waar de ondersteunende software het pad van de lichtstralen en de intersectie berekent in driedimensionale coördinaten. Deze intersectie vormt de positie van de marker.

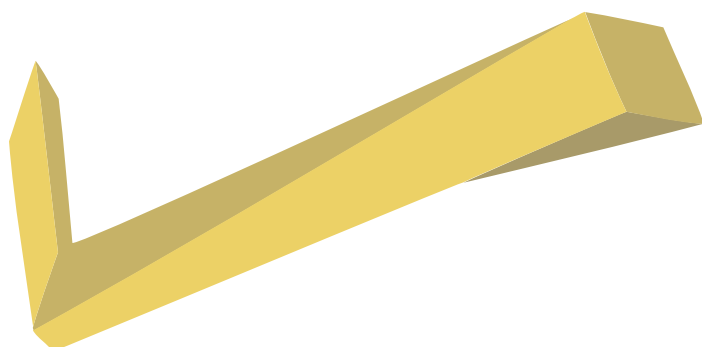
2) 3DOF en 6DOF; 3 Degrees of Freedom zijn de translaties in x, y en z richting. 6 Degrees of Freedom neemt ook de rotaties in acht.



Figuur 1: een body bestaande uit 5 markers die op vaste afstand van elkaar gemonteerd zijn.

Een eis aan het systeem is dat elk punt door beide camera's gezien kan worden. Daarnaast moet de camera vanuit deze punten meer IR licht opvangen dan vanuit de omgeving. Daarom gebruikt ART reflecterende passieve markers, en actieve IR LEDs. In bijlage 2 is meer over passieve markers te lezen.

Om 6DOF data te kunnen genereren heeft de SMARTTRACK minimaal vier markers nodig. Samen vormen deze markers een zogenaamde body, zie figuur 1. In het hoofdstuk 'testen van het draadstaalmodel' op pagina 26 wordt meer verteld over bodies.



Software

De SMARTTRACK beschikt over een interne computer, die uit de beelden van de camera's de 2D informatie afleest. Via een ethernetkabel wordt deze informatie naar DTrack2 gestuurd. Voor SMARTTRACK kan een statisch IP-adres ingesteld worden, zodat een TCP/IP verbinding gemaakt kan worden via de LAN verbinding. DTrack2 vormt de user interface voor de SMART-RACK wanneer de verbinding gemaakt is. De output van DTrack2 naar een applicatie of grafisch werkstation gebeurt ook met een TCP/IP of een UDP connectie. Op deze wijze wordt een directe informatiestroom bewerkstelligd, hetgeen een korte reactietijd waarborgt. Zo ziet de gebruiker verplaatsing van markers direct op het scherm.

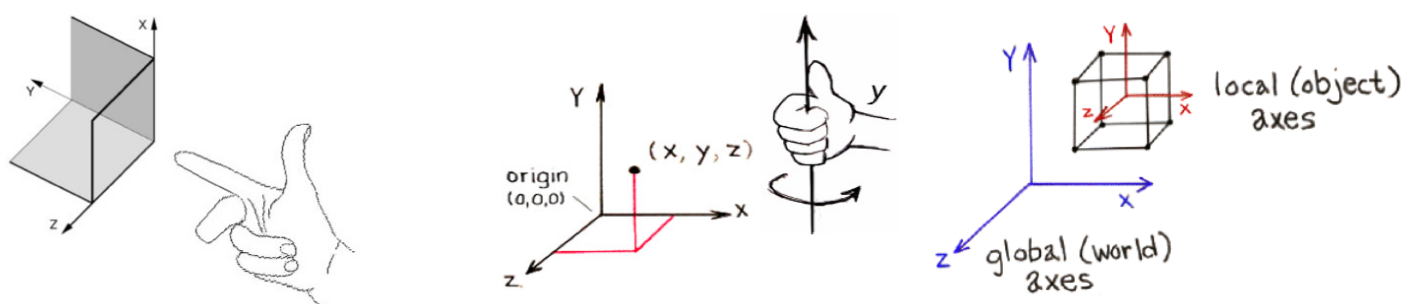
Supported Software

Software	Company	trackd®	Connection via		
			VRPN	VR Juggler	direct
3DVIA Studio	Dassault Systèmes	-	●	-	-
Acutiv	Acutiv	-	-	●	-
AMIRA®	Visage Imaging GmbH	●	-	-	-
Avango	Fraunhofer IAIS	-	●	-	●
Avizo®	Visualization Sciences Group	●	-	-	-
AVS Express	Advanced Visual Systems	●	-	-	-
Blender	Stichting Blender Foundation	-	●	-	-
Catia	Dassault Systèmes	●	-	-	●
CATIA Drivers for Visualization and Interaction	Mechdyne	●	-	-	-
Cave5D	Freeware	●	-	-	-
CAVELib™	Mechdyne	●	-	-	-
Conduit™	Mechdyne	●	-	-	-
COVISE	VIENSO	●	-	-	●
DART	Georgia Inst. of Technology	-	●	-	-
Delmia	Dassault Systèmes	●	-	-	●
DIVE	SICS	●	●	-	-
DIVERSE	GPL / OpenTech Inc.	●	●	-	-
DIVISION MockUp	PTC	●	-	-	-
EnSight Gold	CEI Munich Office	●	-	-	-
EON Icube 8	EON Reality	●	-	-	●
FlowVR	Freeware	-	●	-	-
FreeVR	FreeVR HomePage (Freeware)	-	●	-	-
Go2VR	VSP-Technology	●	-	-	-
Inside Reality	Schlumberger	●	-	-	-
Jack and Process Simulate Human	Siemens PLM Software	-	-	-	●
Lightning	Fraunhofer IAO	●	●	-	●
LS-PrePost-VR	LSTC (Livermore Software Technology Corp.) via Inv3rsion	-	-	●	-
Maverik	Freeware	-	●	-	-
Maya®	Autodesk®	-	-	-	●*
MiddleVR	i'm in VR	-	●	-	-
MotionBuilder®	Autodesk®	-	-	-	●*
Ogre3D	Freeware	-	●	-	-

Tabel 1: Overzicht van een deel van de geteste software waar de apparatuur van AR-Tracking mee kan werken (bron: www.AR-Tracking.com).

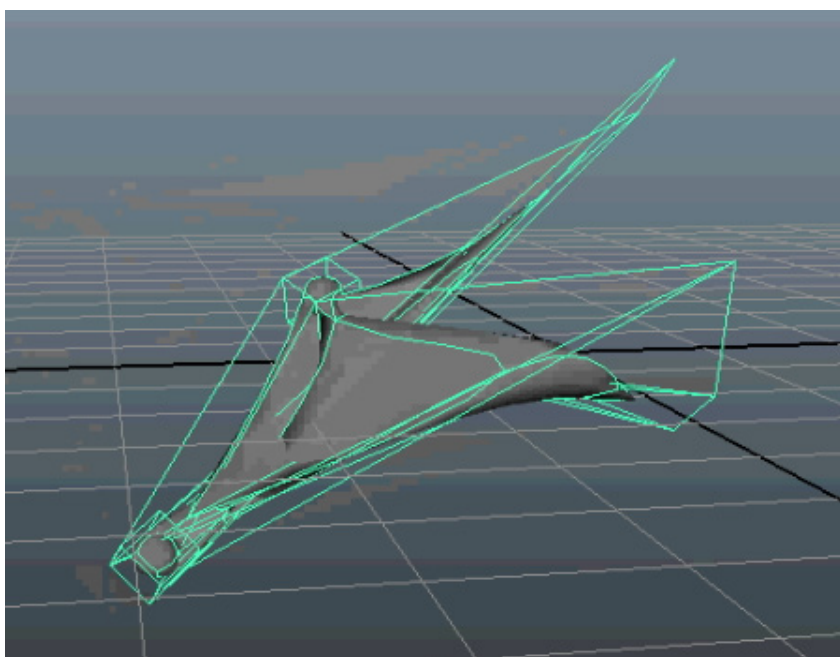
Het verschilt per grafische applicatie hoe de data geïmporteerd moet worden. In tabel 1 is een overzicht te zien van een aantal applicaties en de wijze van aansluiting. Een volledig overzicht is te vinden op de website van AR-Tracking. Voor veel software geldt dat een directe aansluiting niet mogelijk is. De data moet eerst ontvangen worden via de UDP poort, en via een abstractie laag vertaald worden naar een leesbare taal voor de applicatie.

De uiteindelijke grafische applicatie die de coördinaten vanuit deze abstractielaag importeert, genereert de punten in een 3D virtuele ruimte. Deze ruimte wordt meestal beschreven door een cartesiaans assenstelsel (figuur 2). Hierbij geldt dat er voor de virtuele ruimte een globaal assenstelsel is en dat het model een eigen assenstelsel toegewezen krijgt (figuur 3).



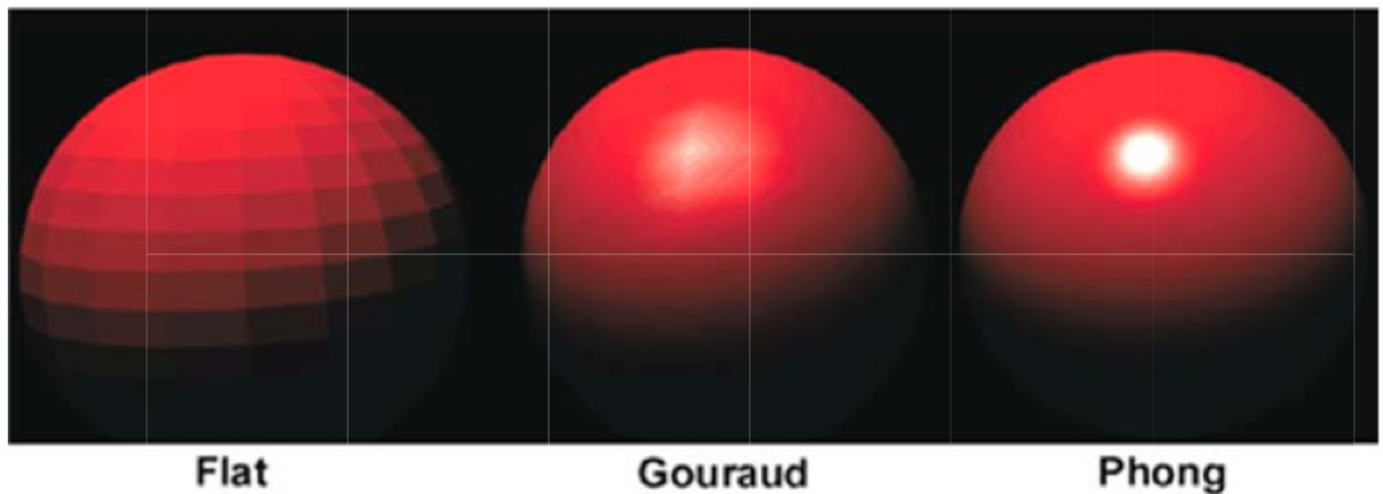
Figuur 2 en 3: Cartesiaans assenstelsel, de positieve draaiingsrichting en het lokale en globale assenstelsel van een kubus.

De losse punten in de ruimte kunnen op verschillende manieren onderdeel uitmaken van een model. Ze kunnen samen een puntenwolk vormen, waarin de markers die getracked zijn knooppunten vormen van een wireframe. De punten worden dan drie vrijheidsgraden toegekend, dit zijn de translaties ten opzichte van het globale assenstelsel. Binnen dit wireframe kan een surface of mesh gegenereerd worden, die bewerkt kan worden door het verplaatsen van de knooppunten. Bodies kunnen weergegeven worden als aparte modellen met een lokaal assenstelsel. Deze bodies hebben zes vrijheidsgraden, waaronder de rotaties om lokale assen.



Figuur 4: plaatje van een polygon met daarin een surface/mesh

Hoe modellen in een grafische applicatie worden weergegeven, hangt af van de ingestelde rendering methode. De volgende rendering methoden bestaan, oplopend in de processorkracht die het kost om ze uit te voeren.



Figuur 5: Het verschil tussen Flat, Gouraud en Phong shading is hierboven duidelijk zichtbaar.

3D softwarepakketten zijn vaak duur, maar er zijn open source pakketten beschikbaar die over bijna dezelfde functionaliteit beschikken als betaalde pakketten. Daarnaast hebben sommige pakketten, zoals Autodesk, gratis studentenlicenties.

Werkwijze

In dit verslag wordt onderzocht of het mogelijk is een hybride analoge/digitale ontwerptool te maken. Het doel is om de haalbaarheid van een dergelijke opstelling aan te tonen middels het bouwen van een prototype. Voor het bouwen van dit prototype zijn de volgende stappen nodig:

- Een programma van eisen en wensen moet opgesteld worden
- Een opstelling moet ontworpen worden
- De apparatuur moet aangesloten worden
- De software-aansluiting moet gemaakt worden
- Een analoog model moet gemaakt worden
- De gewenste functionaliteit moet verwerkt worden
- De opstelling moet gebouwd worden

Door de opstelling te ontwerpen en te maken kunnen de problemen die hierbij naar voren komen in kaart gebracht worden. Aan de hand van de vorderingen die gemaakt worden tijdens dit proces zal getracht worden iets te zeggen over de mogelijkheden voor een hybride ontwerptool.

Praktijk

In eerste instantie is een opstelling ontworpen, aangezien de SMARTTRACK pas beschikbaar was vanaf 1 juli. Voor deze opstelling is een programma van eisen opgesteld en zijn wenselijke interacties geformuleerd. Toen de apparatuur binnenkwam, is gekeken hoe deze aangesloten moest worden en hoe de data realtime in een grafische applicatie geladen kan worden. Binnen de gebruikte grafische applicatie moet de gewenste functionaliteit gerealiseerd worden.

Opstelling

Voor de ideale opstelling geldt dat het gebruik van de virtueel/analoog hybride ontwerptool zo veel mogelijk het gebruik van analoge tools moet benaderen. Doelstellingen die uit RSFF voortvloeien zijn als volgt in eisen vertaald:

De tool creëert meer inzicht en begrip

- De interactie waarmee de analoge input voor de ontwerptool wordt gerealiseerd, bestaat idealiter uit reeds bekende handelingen.
- De wijze waarop interactie met het object plaatsvindt moet in één oogopslag duidelijk zijn.

De tool is in eerste instantie zonder voorkennis te gebruiken

- De digitale representatie reageert initieel 1 op 1 met de input van de gebruiker. Er moet wel de mogelijkheid zijn om extra functionaliteit toe te voegen die meer kennis vereist.
- Toegepaste transformaties moeten direct zichtbaar zijn op het scherm.
- De aanpassingen van het digitale model moeten (initieel) evenredig en in dezelfde richting zijn als de toegepaste transformatie.

De tool impliceert visuele en tastbare representatie

- Een spuuqmodel maken kan op losse en ongestructureerde wijzen of op zorgvuldige wijze. Het doel blijft om qua vorm en functionele kwaliteiten inzicht en begrip te versterken binnen de driedimensionale ruimte. Onderzoek (Wendrich et al., 2009) geeft aan dat meer informatie uit een representatie is te halen als er meer detail in is verwerkt.

Bij 2D representaties kunnen de curves van een object niet goed geïnterpreteerd worden waardoor veel detail verloren gaat. Een 3D-model geeft daarom meer inzicht in de vorm dan een 2D weergave. Daarom is een eis dat het digitale 3D model aangepast en geprint kan worden.

De tool draagt bij aan een sneller proces binnen de oplossingsruimte

- Deze doelstelling hangt samen met de eis dat het digitale 3D model aangepast en geprint kan worden.

De tool zet aan tot gemakkelijke ideevorming en conceptvorming

- Het moet mogelijk zijn om vorige stappen opnieuw in te laden, zoals ook kan bij de LFDS. Op deze wijze kan men blijven itereren en kan de gebruiker nieuwe ideeën met oude ideeën combineren.

De tool laat simulatie toe en genereert simulatie

- De digitale weergave verandert synchroon met de analoge input.

De tool laat intuïtieve en ongebonden interactie toe

- Transformaties moeten in alle vrijheidsgraden mogelijk zijn, zie ook de woordspin in figuur 6 op de volgende pagina.



Figuur 6: Woordspin, brainstorm over eisen en wensen voor de opstelling en de interactie.

Met behulp van de eisen die uit de doelstellingen volgen is een programma van eisen en wensen opgesteld.

Eisen voor het analoge model

- Mogelijkheden qua vervorming (onder andere)
 - o Draaien
 - o Schudden
 - o Kneden
 - o Uitrekken
 - o Wringen
 - o Afschuiven
- Wijze van vervormingen vastleggen
 - o Door een voetpedaal in te drukken, zodat beide handen voor het modelleren kunnen worden gebruikt
 - o Of door het voetpedaal los te laten, om te modelleren moet deze juist ingedrukt zijn.
 - o Na een instelbaar tijdinterval
- De gebruiker moet het model met twee handen kunnen vervormen of met behulp van gereedschap

Eisen voor het digitale model

- De beginvorm is een standaardvorm
 - o Keuze uit vormen als een bol, kubus en piramide
- Vormen moeten toegevoegd kunnen worden om samengestelde vormen te maken
 - o De vormen moeten apart bewerkt kunnen worden
 - o De vormen moeten samen bewerkt kunnen worden
 - o De plaatsing van een vorm moet aangepast kunnen worden
- Extra functionaliteit voor het digitale model moet mogelijk zijn
 - o Inverse functies
 - o Inzoomen om details te bewerken
- Het eindresultaat moet 3D geprint kunnen worden, hiervoor moet het geëxporteerd kunnen worden als .stl bestand

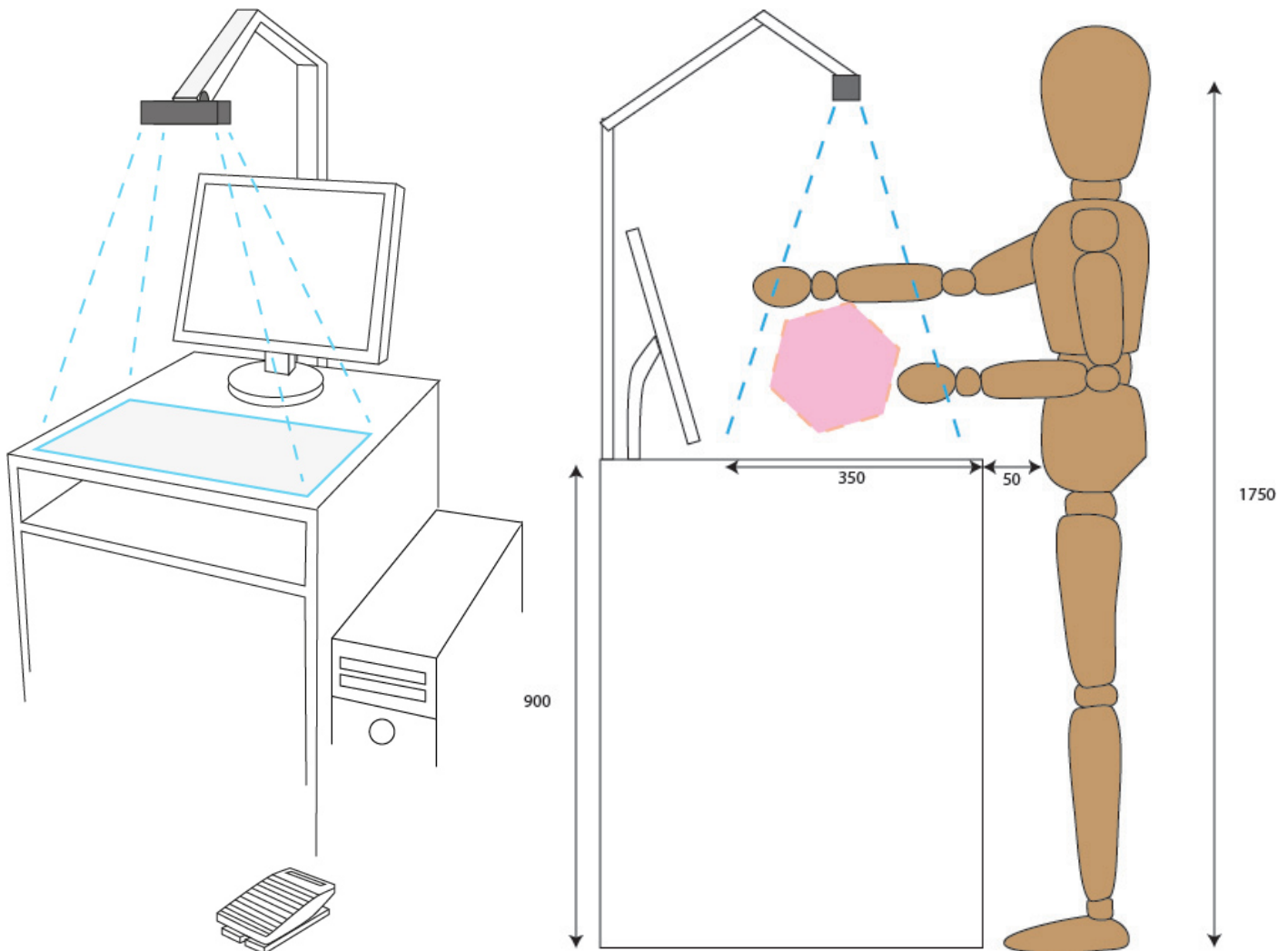
Eisen voor de opstelling

- De maten zijn ergonomisch onderbouwd
- De simulatieruimte is aangegeven
- De gebruiker moet recht voor het beeldscherm staan

Eisen voor de datastroom

- Er mag geen vertraagde, digitale weergave zijn van de analoge input.

De opstelling is gebaseerd op de bestaande opstelling voor LFDS³. Voor de maten van de opstelling en de simulatieruimte is antropometrische data gebruikt van www.dined.nl. Hier is gekeken naar de gemiddelde lengtematen van Nederlandse mannen en vrouwen tussen de 20 en 60 jaar. Voor de maximale diepte is uitgegaan van de maximale reikwijdte vanaf de borstkas. Omdat de gebruiker met twee handen het object moet kunnen vervormen, is er een voetpedaal om de gemaakte vervorming vast te leggen. Zie ook de figuren hieronder.



Figuur 7 en 8: Ontwerp en zijaanzicht van de opstelling. De maten zijn zo gekozen dat de hele werkruimte gebruikt kan worden zonder een vreemde houding aan te moeten nemen.

3) LFDS: Loosely Fitted Design Synthesizer, “a workbench approach for design and engineering interaction to stimulate intuition, creativity and imagination of the ideation and conceptualization process” (bron: www.Rawshaping.com)

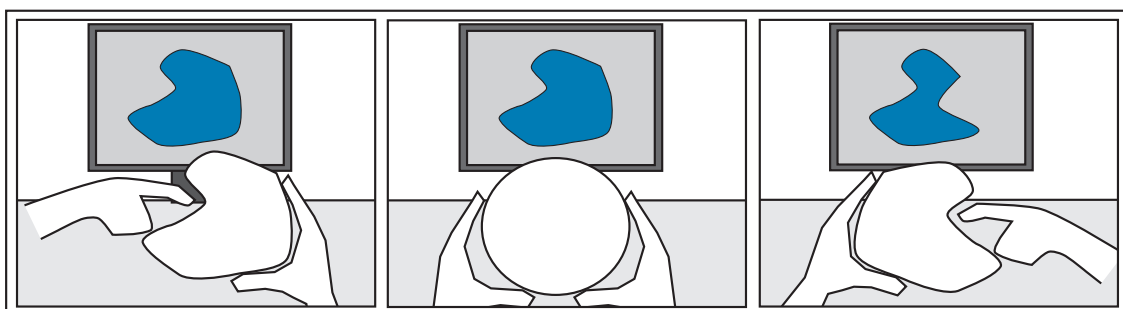
Aan de hand van de eisen in het overzicht op pagina 15 zijn twee werkwijzen voor de interactie met de ontwerptool opgesteld.

Proefopstelling 1

Het 3D fysiek object is een directe controller voor het virtueel model. Na elke transformatie neemt deze zijn originele vorm weer aan.

Door het 3D fysiek object twee keer dezelfde transformatie te geven achter elkaar, wordt het effect op het virtueel model twee keer zo groot.

- Door een inverse functie toe te voegen kan een omgekeerde transformatie plaatsvinden. De gebruiker drukt dan op een knop in de interface, waardoor zijn handelingen invers worden gerepresenteerd.
- Door standaardvormen toe voegen kunnen samengestelde vormen gemaakt worden. Deze standaardvormen kunnen apart bewerkt worden, maar de assemblage kan ook als geheel bewerkt worden.
- Met een symmetriefunctie kunnen toegevoegde vormen gespiegeld ten opzichte van het symmetrievlak tegelijkertijd ingevoegd worden. Hetzelfde geldt voor transformaties bij een bestaande vorm.

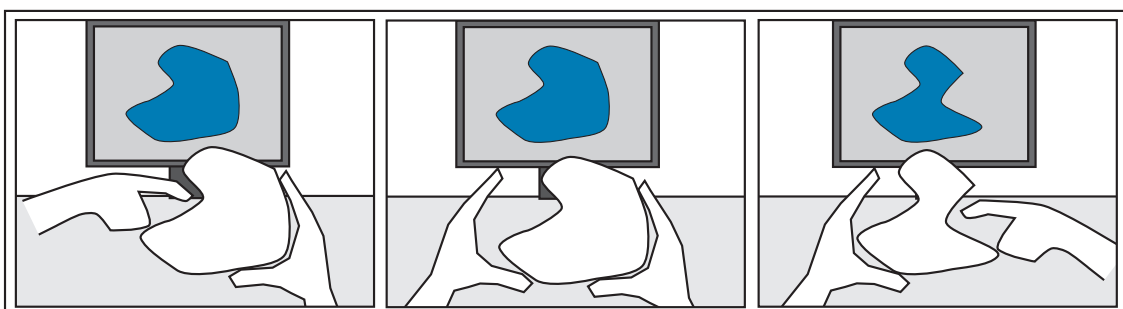


Proefopstelling 2

Het 3D fysiek object is identiek aan het virtueel model. Elke transformatie gebeurt zowel op het scherm als in het echt. Na transformatie blijft ook het 3D fysiek object zijn vorm behouden.

- Als een vorm goed is kan deze vastgelegd worden. Daarna kan een nieuwe vorm worden gemaakt met het 3D fysiek object. Deze vormen kunnen samengevoegd worden en apart aangepast worden.
- Het is mogelijk om artefacten in te scannen en deze virtueel en analoog toe te voegen aan het model.
- Door een spiegellijn in het werkvlak aan te geven, kunnen de vervormingen in dat segment symmetrisch ten opzichte van de as op het virtuele model aangebracht worden.

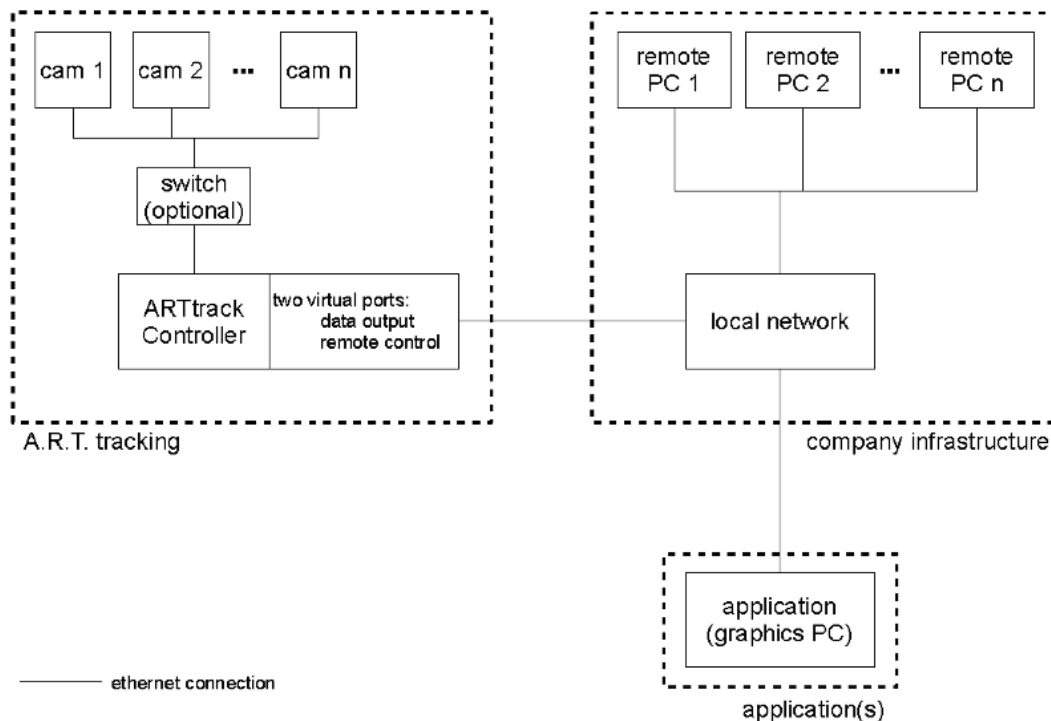
Uit deze scenario's is gekozen voor proefopstelling 1, omdat de werkwijze praktischer is. Met name het 3D fysiek object is beter realiseerbaar op het moment dat deze na vervorming zijn originele vorm aanneemt.



Aansluiten SMARTTRACK

Zoals eerder gezegd beschikt de SMARTTRACK over een eigen interne computer, die aangesloten wordt via een ethernetkabel. De kabel moet direct op de computer aangesloten worden, omdat het universiteitsnetwerk de netwerkkaart van de SMARTTRACK niet herkent. Zo ontstaat een LAN verbinding bestaande uit een computer en de SMARTTRACK. De SMARTTRACK krijgt automatisch een IP-adres toegewezen, dat bekend moet zijn om een verbinding met de computer te kunnen maken.

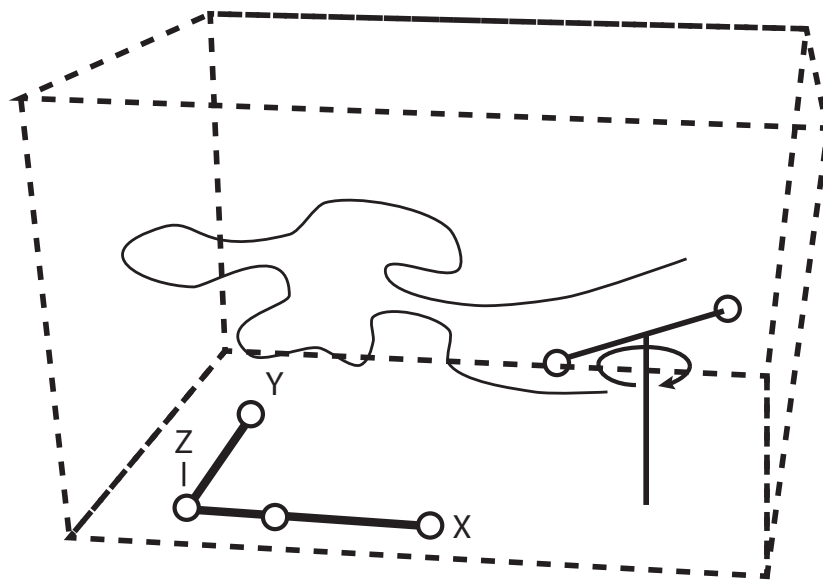
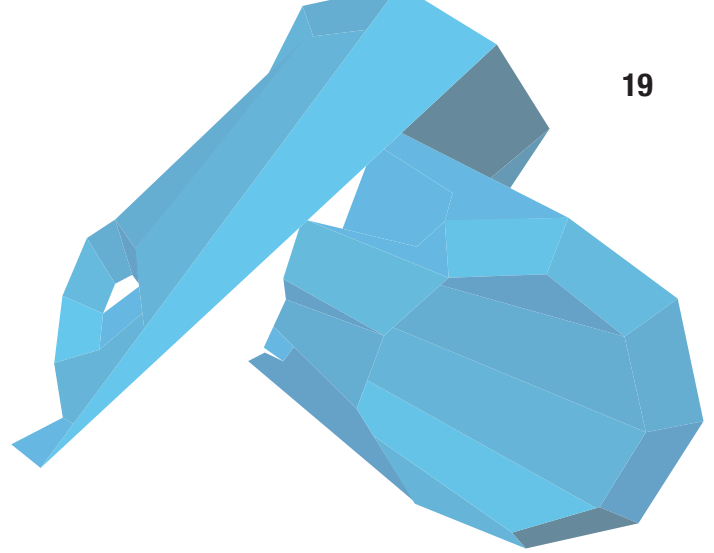
Het is mogelijk om een vast IP-adres mee te geven aan de SMARTTRACK, door een setup file op te stellen en op een USB-stick te zetten. De SMARTTRACK leest bij het opstarten de setup file van de USB-stick en past de gegevens aan. Voor een voorbeeld van de setup file zie bijlage 3. Hier is ook een overzicht te zien van de instellingen die op de computer aangepast moeten worden om een connectie mogelijk te maken.



(a) standard connection

Figuur 9: Aansluiting van de SMARTTRACK via een ethernetkabel. Op deze wijze is het mogelijk om meer dan één computer aan te sluiten.

De data die via de gemaakte verbinding verzonden wordt, moet gelezen worden door DTrack2. Dit programma zoekt zelf naar een verbinding met apparatuur van AR-tracking. Nadat de verbinding is gemaakt, moeten de ruimte en de bodies gekalibreerd worden. De ruimte kalibreren gebeurt met een meegeleverde winkelhaak en 'wand' waar markers op gemonteerd zijn. De afstand tussen de markers is bekend; hiermee wordt de verhouding diepte-breedte-hoogte vastgelegd.



Figuur 10: Het kalibreren van de simulatieruimte met de meegeleverde winkelhaak en 'wand'.

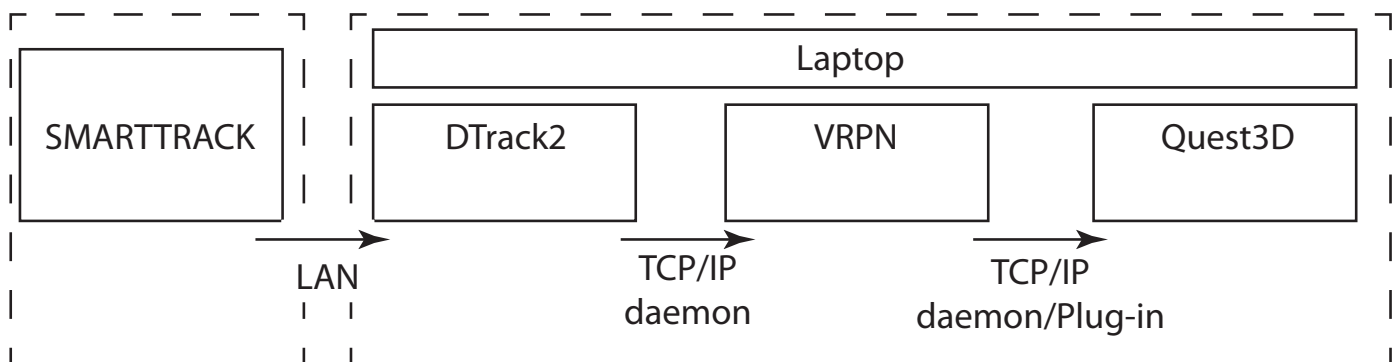
Vervolgens moeten de bodies één voor één gekalibreerd worden, tot een maximum van vier bodies. Een body bestaat zoals eerder vermeld uit minimaal vier markers. Dit minimum is nodig voor de SMARTTRACK om de rotatie om eigen assen te berekenen van de body.

Aansluiten software

Wanneer de apparatuur is ingesteld kan de software aangesloten worden. Dit kan voor sommige programma's direct, voor de andere programma's is extra software nodig die de DTrack2 data omschrijft naar importeerbare gegevens. Een compleet overzicht van supported software is te vinden op de website van ART. De aansluiting verliep niet zonder problemen, waardoor verschillende pogingen zijn gedaan. Een logboek hiervan is te vinden in bijlage 5.

Poging 1

AR-tracking gaf aan dat Quest3D een open source programma is. In het overzicht van supported software is te zien dat Quest3D direct aangesloten kan worden op DTrack2. Nadat Quest3D geïnstalleerd was, werd duidelijk dat er een open source VRPN plug-in bestaat voor het aansluiten van tracking apparatuur op Quest3D. Deze plug-in was echter geschreven voor versies waarbij een hardware key met licentie nodig is.



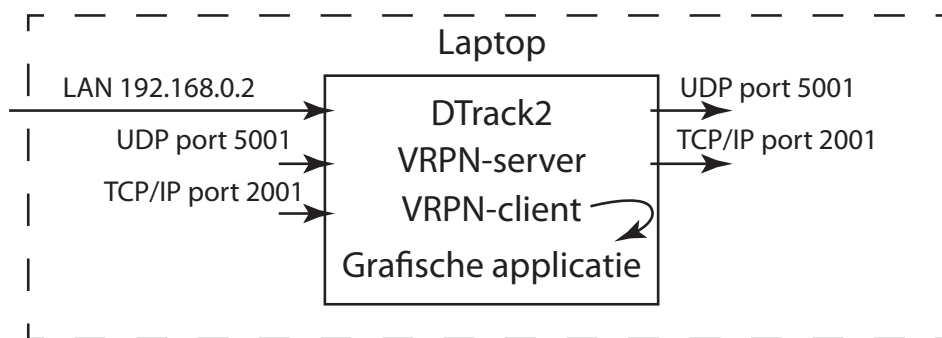
Figuur 11: Overzicht van de verbindingen die gemaakt moeten worden om de trackingsdata van de SMARTTRACK naar Quest3D te importeren.

Poging 2

De meeste software waar direct een aansluiting mee gevormd kan worden is lastig illegaal verkrijgbaar. Daarom is er voor gekozen om de aansluiting via een VRPN server op te zetten. Dit is namelijk de meest gebruikte manier om DTrack2 aan grafische software te koppelen volgens AR-tracking.

VRPN is een open source multiplatform tool, bedoeld om netwerktransparantie te implementeren tussen grafische applicaties en tracking apparatuur. VRPN werkt als een gewone server, waarmee een grafische applicatie verbinding kan maken. Op deze wijze kan de data op een gestandaardiseerde manier ingelezen worden binnen de grafische applicatie.

Om de server op te zetten is kennis nodig over programmeren met C++ en een programmeeromgeving als Visual Studio of Eclipse. Tijdens het opzetten van de server is gebleken dat ik hier te weinig van weet om in korte tijd een server op te zetten. Mijn programmeerkennis reikt tot het bewerken en schrijven van Javascript, in web development programma's als Dreamweaver en Netbeans.



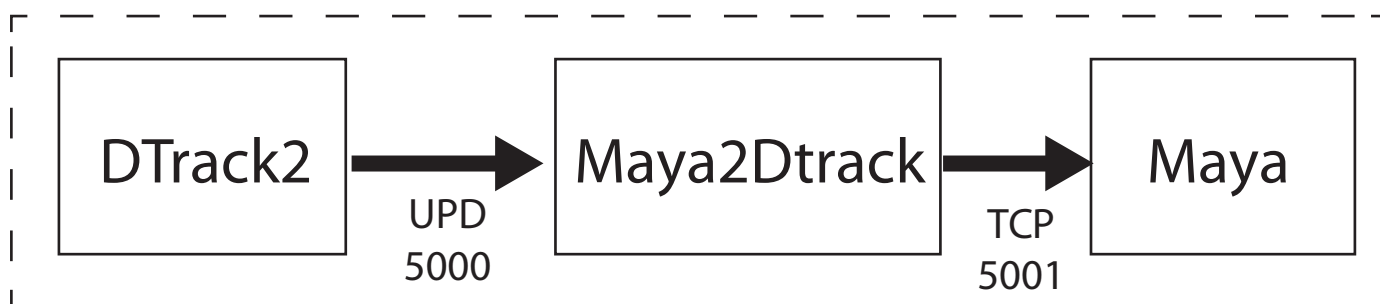
Figuur 12: Overzicht van de verbindingen die opgezet moeten worden. In het bovenstaande geval wordt er gebruik gemaakt van één SMARTRACK en één laptop.

Om de VRPN server op te zetten is Visual Studio gebruikt, alsmede tutorials van XoaX.net. Ook is gezocht naar andere software die een directe aansluiting heeft met DTrack2, omdat het opzetten van de VRPN server veel tijd vereist voor iemand met weinig programmeerkennis. Daarom is gekozen om bij AR-tracking te vragen naar de Maya plug-in.

Poging 3

Op de website van ART is te vinden dat er een plug-in beschikbaar is voor de connectie tussen Maya en DTrack2. Na enig mailcontact was het mogelijk om gebruik te maken van deze plug-in, genaamd Maya2DTrack. De plug-in is te vergelijken met een VRPN server, die de data omschrijft naar de programmeertaal van Maya. Maya beschikt namelijk over een eigen programmeertaal: MEL (Maya Embedded Language).

De data die DTrack2 berekent, wordt via een UDP connectie naar Maya2DTrack verzonden. Deze stuurt de data via een TCP/IP connectie naar Maya, zie ook figuur 13.



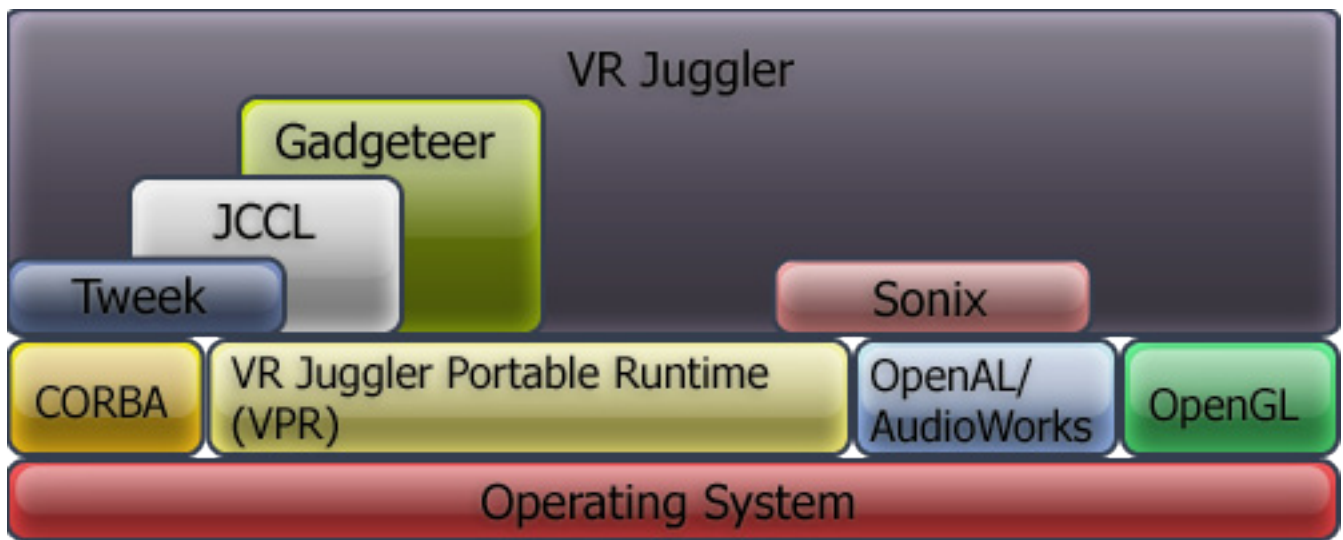
Figuur 13: Schematische weergave van de verbinding van Dtrack2 met Maya.

Omdat de data via verschillende verbindingen wordt verstuurd, is de plug-in erg onstabiel. Daarbij is de plug-in bedoeld voor Maya 2009 en 2010, terwijl in eerste instantie getest werd met 2011. Na verder strekkend mailcontact over de juiste instellingen om de data te kunnen importeren, werd aangeraden om VRJuggler te proberen.

Poging 4

VRJuggler is een database voor functies binnen verschillende toepassing van virtual reality. Deze functies staan in aparte libraries, die aangeroepen kunnen worden, zogenaamde 'metachunks'. Doordat alle tools apart aangeroepen kunnen worden, is het een erg flexibel platform dat op veel besturingssystemen kan draaien. Ook VRJuggler wordt opgebouwd in C++, maar is complexer om op te zetten dan een VRPN server.

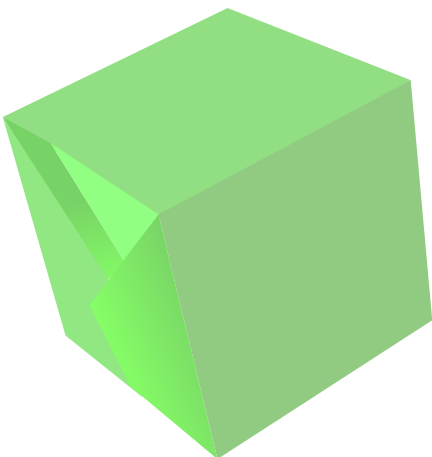
"Configuring VR software for a particular hardware system can be a daunting task due to the complexity and diversity of the environments and hardware in use...VR Juggler's inherent flexibility increases this complexity." (VRJuggler guide)



Figuur 14: Overzicht van VRJuggler en andere tools die de Juggler suite bevat.

Poging 5

Het debugbestand dat via de UTwebmail door ART was verstuurd, zou ervoor zorgen dat er weer een licentie op de SMARTTRACK zou staan. De bijlage werd echter verwijderd door de beveiliging. Nadat het bestand via de ftp-server is gedownload, is direct geprobeerd de SMARTTRACK opnieuw aan te sluiten via Maya2Dtrack. Dit keer met succes, waardoor getest kon worden met het model dat in de tussentijd gemaakt was.



Modellen

Naast het bewerkstelligen van een succesvolle aansluiting met de SMARTRACK, is een aantal modellen gemaakt voor het tracken. In eerste instantie is geprobeerd te werken met polyetherschuim. Dit is een schuim dat direct na vervorming zijn originele vorm weer aanneemt. Omdat bij optisch tracken geen voorwerp in het pad van het licht mag zijn, kunnen de markers aan de achterzijde van het schuim niet getracked worden. Om te zien in hoeverre het schuim meevormt, hoe goed markers te bevestigen zijn en of de interactie goed aanvoelt, is er een simpel model gemaakt in de vorm van een piramide. Hieronder staan de bevindingen:

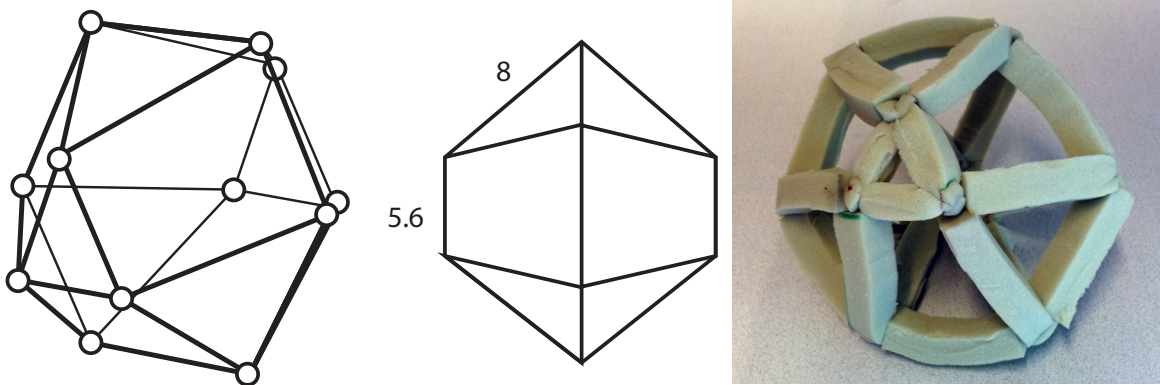
- De markers zijn erg lastig te bevestigen. Ze mogen niet vastgeplakt worden omdat ze dan niet herbruikbaar zijn, de reflecterende laag wordt dan namelijk aangetast. Er zit een schroefdraad in de markers (M3) waar bouten ingedraaid zijn die vastgeklemd zitten in het schuim. Erg stevig is dit echter niet.
- Het polyetherschuim is vrij stug, waardoor vervormingen invloed hebben op een relatief groot oppervlak. Gedetailleerd modelleren is hierdoor niet mogelijk, terwijl meer detail juist een beter resultaat geeft qua model.
- Omdat het schuim zo stug is, lijkt de interactie ook niet op het kneden bij bijvoorbeeld kleien. Er moet echt geknepen worden in het schuim, waardoor het niet aanvoelt alsof de gebruiker echt aan het modelleren is. Daarnaast vormt het schuim erg snel terug.



Figuur 15: Het piramide-vormig model met 5 markers.

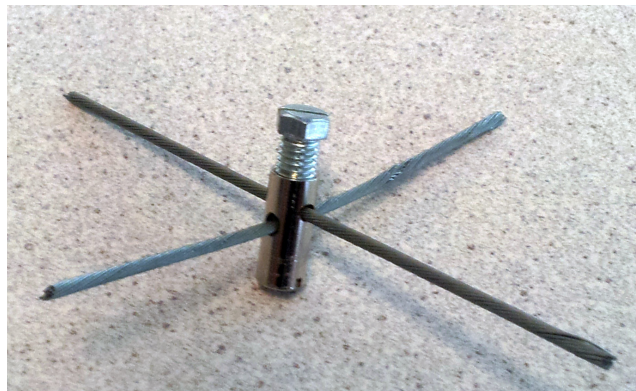
Hierna is een nieuw model gemaakt van polyetherschuim dat minder stug is, en waar markers beter te lezen en bevestigen zijn. Het model moest makkelijker te vervormen zijn, dus er is een constructie gemaakt van meerdere stukken schuim. In de figuur hieronder is een bouwtekening te zien. De stukken zijn met ijzerdraad verbonden.

- De vervorming werd haast volledig bepaald door het ijzerdraad. Hierdoor bleef het schuim na vervorming de gemaakte vorm aanhouden. Dit geeft de gebruiker wel het idee echt aan het modelleren te zijn, maar het model is veel te simpel om er een goede vorm mee te maken. Daarnaast zijn de markers nu nog moeilijker te lezen en is de vervorming beperkt in amplitude.
- De constructie nodigt niet uit om te gaan modelleren. Dit komt omdat de schuimconstructie er instabiel uitziet.
- Doordat het een constructie betreft in plaats van een solide model, gaat wederom detail verloren. Daarnaast zijn de markers nog steeds niet goed te lezen, omdat het schuim meestal de markers aan de achterkant afschermt.



Figuur 16: Het bouwplan voor de schuimconstructie en het model.

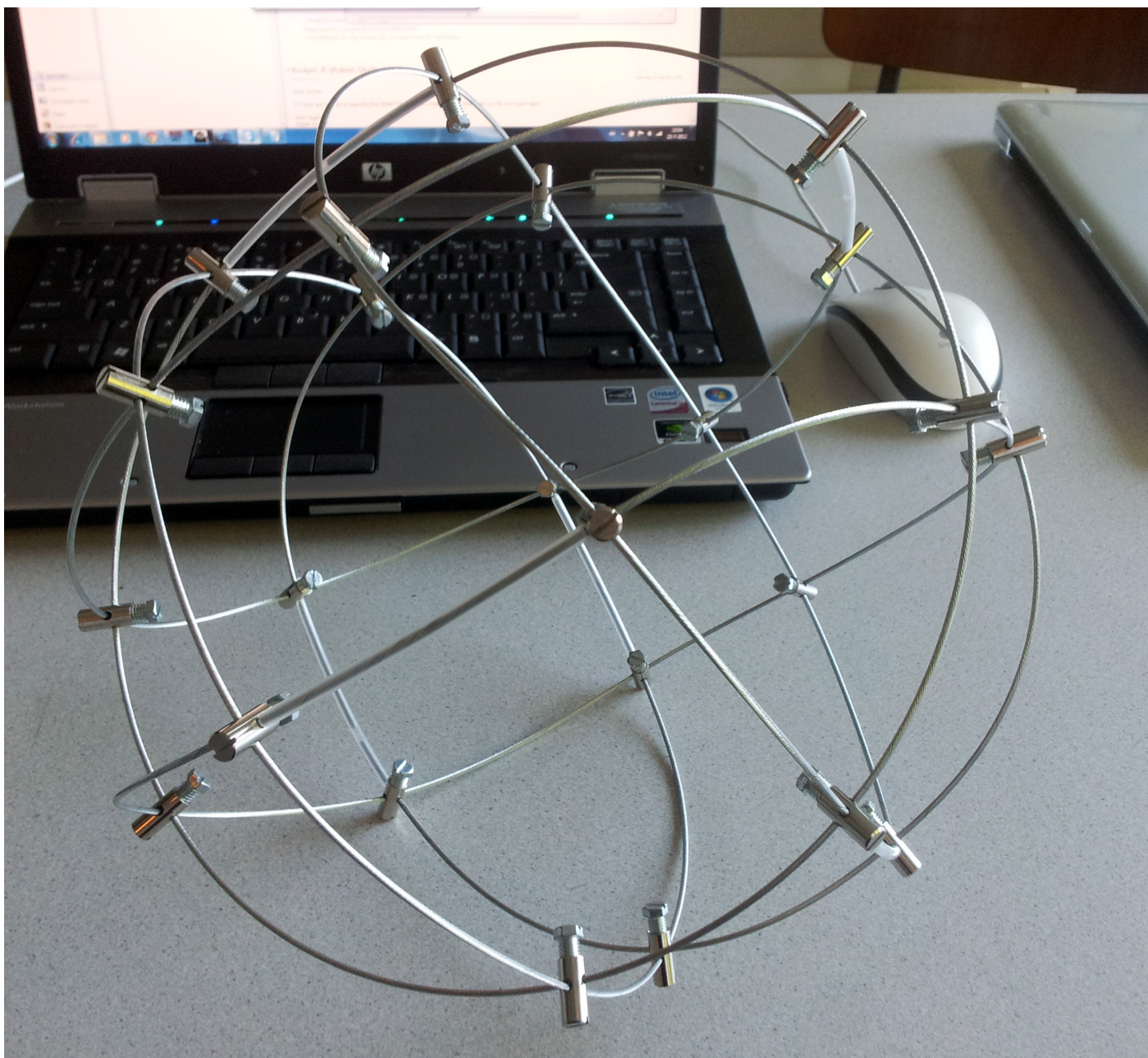
Een nog lichtere constructie is vereist om markers altijd te kunnen tracken, maar deze moet er niet instabiel uitzien. Daarnaast is het terugvormen naar de originele vorm gewenst omdat dit meer modelleervrijheid geeft. Mede door deze eisen is gekozen een model van draadstaal te maken. Met stukken remkabel voor een fiets, en zogenaamde tonnetjes om deze kabels met elkaar te verbinden. In de tonnetjes zijn extra gaatjes geboord in de werkplaats, zoals te zien is in figuur 17.



Figuur 17: Een tonnetje met extra gaatje om de remkabels elkaar te laten kruisen.

Aan deze tonnetjes zijn M3 boutjes gelijmd, waar de markers opgedraaid kunnen worden. Dit is aan de binnenzijde gedaan, zodat de SMARTTRACK de markers altijd kan lezen.

- De constructie neemt zijn originele vorm aan na vervorming. Soms moeten de tonnetjes even aangedraaid worden, zodat ze niet verplaatsen.
- De markers zijn meestal te lezen en zijn niet heel ver van elkaar verwijderd, doordat ze aan de binnenzijde bevestigd zijn.
- Doordat het geen solide model is, maar een constructie, nodigt het de gebruiker wederom niet uit tot interactie.
- De veerkracht van het draadstaal wordt groter naarmate de vervorming groter is. Daarbij ziet het model er stevig uit, wat uitnodigt om vervormingen verder door te voeren. Dit zorgt ervoor dat de gebruiker zich minder beperkt voelt tijdens de interactie, dan men van tevoren zou verwachten.



Figuur 18: Het draadstaalmodel, zonder de markers aan de binnenzijde.

Testen met het draadstaalmodel

Tijdens het testen van het staalmodel werd het mogelijk om gebruik te maken van de proefopstelling (figuur 19). De softwareaansluiting met Maya was gelukt, waardoor direct de output van de SMARTTRACK zichtbaar werd. Het eerste dat opviel was dat losse markers niet geïmporteerd konden worden in Maya. Dit is alleen mogelijk in de vorm van bodies, die dan weergegeven worden als kleine kubussen met een lokaal assenstelsel.



Draadstaalmodel met reflecterende markers.

SMARTTRACK

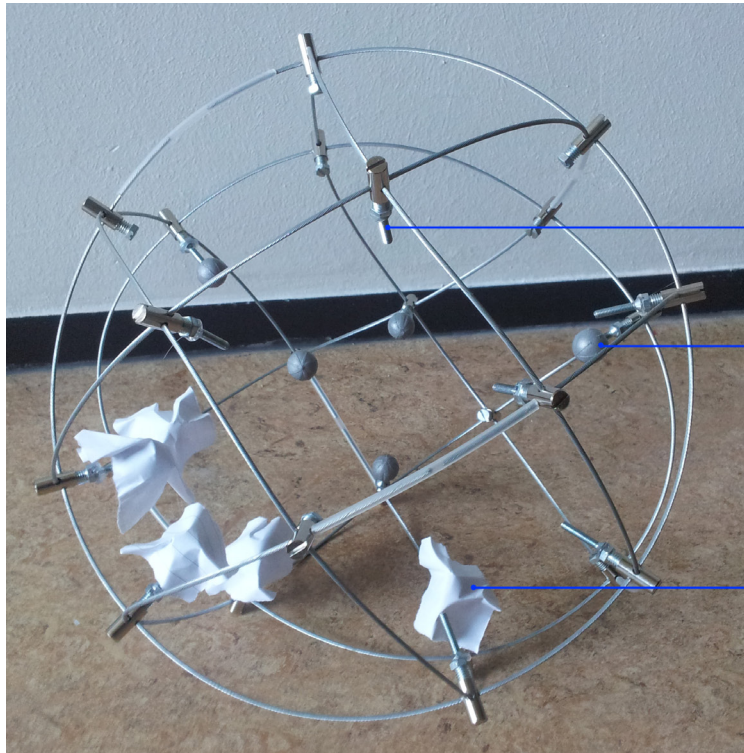
Ethernetkabel voor de LAN aansluiting

Figuur 19: De proefopstelling waarmee alle testen zijn uitgevoerd voor dit verslag. De Markers lichten op door de flits van de camera.

Bodies bestaan uit minimaal vier markers, maar omdat de kans bestaat dat ze niet allemaal tegelijk te lezen zijn, is ervoor gekozen om de bodies uit vijf markers op te bouwen. Er kunnen maximaal vier bodies gekalibreerd worden. Het draadstaalmodel heeft 24 knooppunten, waardoor het mogelijk is om 24 markers op het model aan te sluiten. Het is dus mogelijk om vier bodies van ze markers te monteren. Voor de eerste test is echter gekozen om drie bodies van vijf markers te gebruiken. Op pagina 31 tot en met 34 zijn overzichten te zien van renders die gemaakt zijn tijdens verschillende testen.

Bevindingen eerste test:

- Het kalibreren van de bodies moet per body gebeuren. De markers van de andere bodies moeten daarom afgeschermd worden, zie figuur 20. Dit kost veel tijd, voor een definitief model is het dus handig om markers in setjes van vijf te kunnen monteren.
- De SMARTTRACK kan niet alle drie de bodies tegelijk zien, er is te veel overlap van markers op de beelden die de IR camera's maken. Hierdoor verspringen de kubussen in Maya, of verdwijnen ze tot de body weer gezien wordt.
- Juist bij vervormingen op het draadstaalmodel vormt het tracken van de bodies een probleem.



- M3 bout om markers op te monteren voor de derde body
- Markers die onderdeel zijn van de body die gekalibreerd wordt
- Afgeschermd markers van de eerste body die al gekalibreerd is

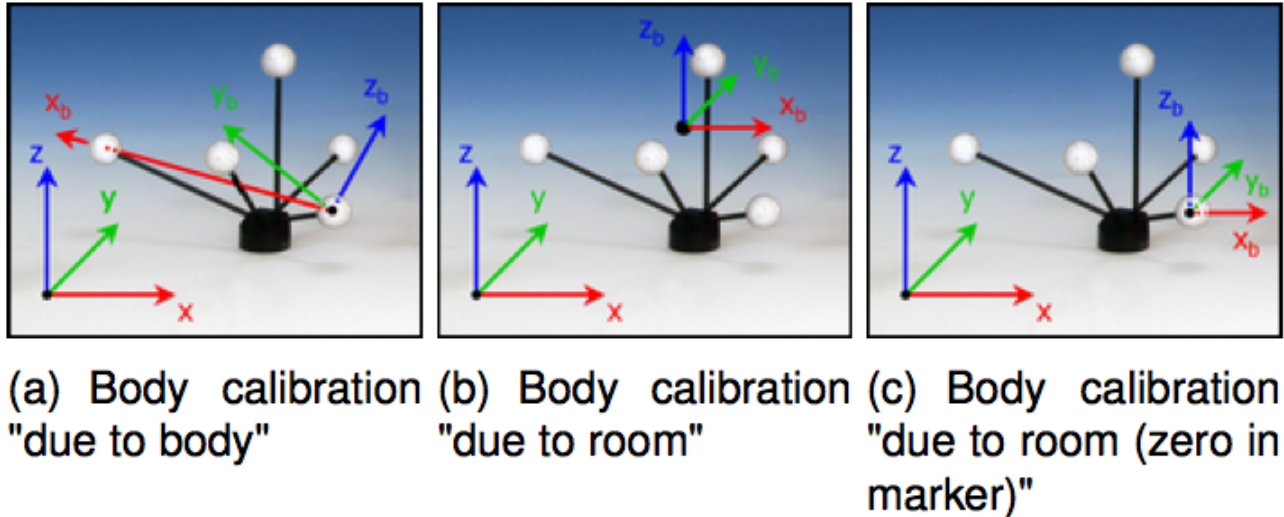
Figuur 20: Draadstaalmodel tijdens het kalibreren van de tweede body.

Omdat het lezen van vijftien markers in een kleine ruimte te gedetailleerd is voor de SMARTTRACK, is getest in hoeverre twee bodies gelezen kunnen worden. Hiervoor zijn vijf markers uit het model verwijderd en de overige markers zijn precies tegenover elkaar gezet in twee compacte groepen. Door deze tweede test blijkt dat de bodies waarvan de markers in compacte groepen gemonteerd zijn, slecht te lezen zijn. Hierna is geprobeerd de groepen markers verder uit elkaar te zetten.

Bevindingen derde test:

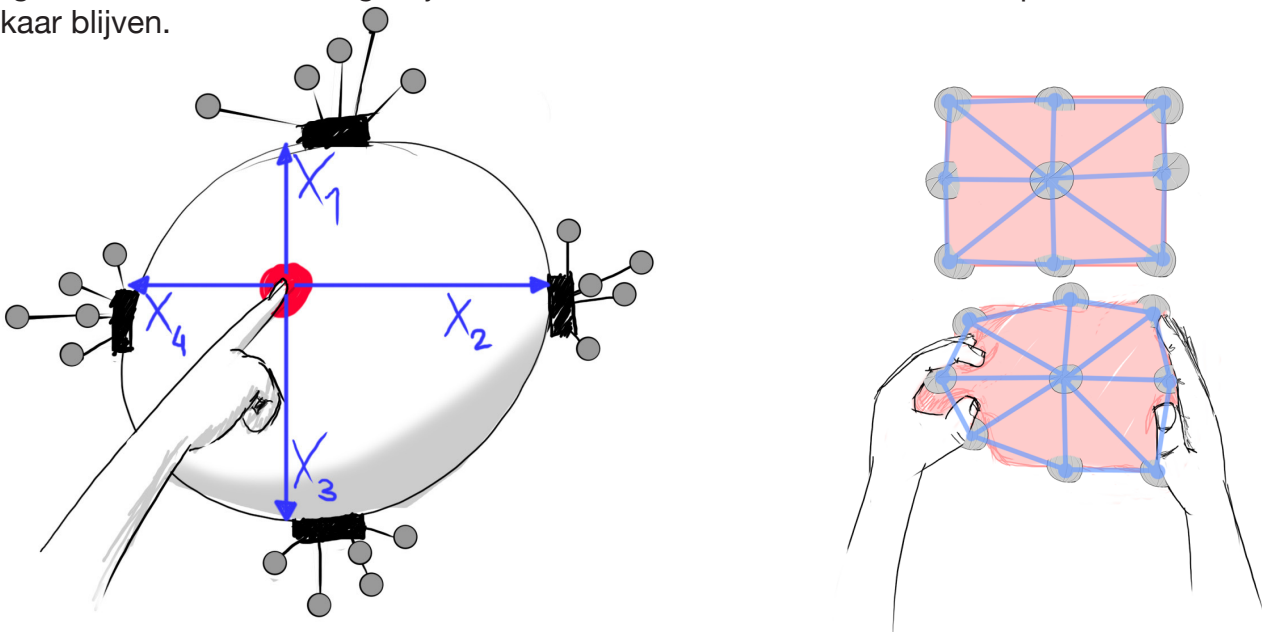
- De bodies zijn goed te lezen als het model onvervormd is, ten opzichte van de vorm tijdens het kalibreren.
- De bodies zijn vaak niet te lezen als het model wel wordt vervormd, waarschijnlijk omdat de afstand tussen de markers verandert.

In de documentatie van de SMARTTRACK is te vinden over body-kalibratie dat “[...]the absence of any additional markers in the measurement volume has to be ensured for body calibration. If additional markers that are not part of the target to be calibrated are in the field of view of the IR cameras during body calibration, these markers will be assigned to the target. That means, the target is not correctly calibrated and, therefore, tracking problems may occur.” (SMARTTRACK user manual, p 41).



Figuur 21: Verschillende soorten kalibratie voor de bodies.

Het is als volgt te verklaren dat de bodies niet goed te lezen zijn als de afstand onderling verandert is. De SMARTTRACK gebruikt patroonherkenning met een precisie van 0,04 pixel om de 2D coördinaten te bepalen van een body. De patronen van beide beelden worden onderling vergeleken om de 3DOF en 6DOF data te verkrijgen. Als de markers onderling van afstand veranderen, doen de patronen dit ook. Als deze patronen op de beelden vervolgens niet meer matchen met het gekalibreerde patroon, leest de SMARTTRACK de body niet meer. De markers ziet hij wel nog. De bodies die bevestigd zijn aan het draadstaalmodel moeten dus op vaste afstand van elkaar blijven.



Figuur 22: Schets van een model met 4 bodies aan de buitenzijde geplaatst. De aangegeven afstanden X_1 t/m X_4 zijn de afstand van de toegepaste vervorming tot een body. Rechts is de dissonantie te zien tussen de echte vervorming en de vervorming die de SMARTTRACK registreerd.

Een constructie als in figuur 22 zal geen gewenst resultaat geven. Op het moment dat vervormingen plaatsvinden, is accurate weergave niet mogelijk door afstand tot de body (X1 t/m X4). Vervormingen dicht bij de body zullen het meest accuraat weergegeven worden, maar er kunnen niet meer dan vier bodies gekalibreerd worden. Met vier bodies zal nooit de gewenste hoeveelheid detail bereikt worden en wordt het doel van de opstelling dus niet bereikt.



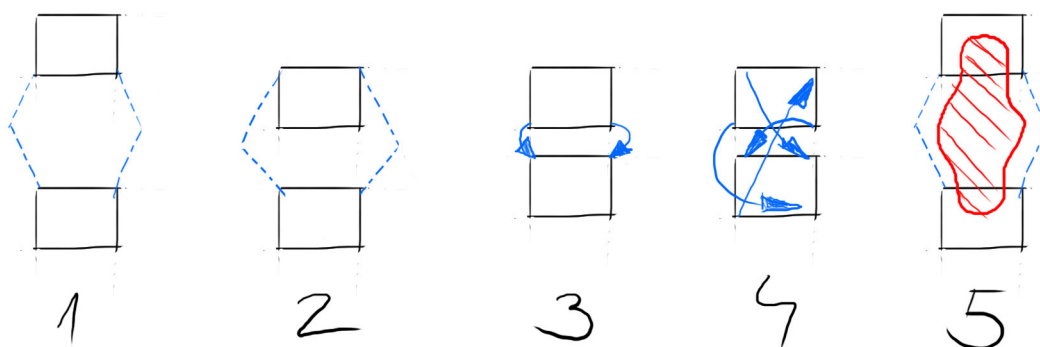
Figuur 23: De DTrack2 interface waar te zien is dat maar één (boven) of twee (onder) van de bodies getracked wordt.

Testen met de software

Tijdens het testen met het draadstaalmodel is op verschillende manieren geprobeerd de vervormingen digitaal vast te leggen. Zoals in het overzicht op de volgende pagina te zien is, zijn er verschillende pogingen gedaan om de vervormingen in Maya weer te geven. Hier is het volgende uit opgemaakt:

- Alleen de vertices van de kubussen die gegenereerd zijn door Maya2DTrack bewegen met de analoge input mee. De plaatsing van kubussen ten opzichte van het model heeft daarop geen invloed.
- Als de kubussen rechtlijnig en alleen aan elkaar verbonden zijn, blijft de geometrie van het digitale model hetzelfde; de maten veranderen slechts.
- Als de vertices van de kubussen op willekeurige wijze met elkaar verbonden zijn, verandert de vorm nauwelijks.
- Door de digitale polygoonconstructie te transformeren naar een surface wordt de vorm afgeleid van de polygoon. De vaste punten van de polygoon verplaatsen niet, maar hoeken van het afgeleide model wel enigszins rond deze punten.
- Door het verspringen van de kubussen, omdat de bodies niet goed getracked worden, heb je weinig invloed op het digitale model. Het is juist het digitale model dat de vervormingen beïnvloedt, omdat de gebruiker steeds op zoek is naar een houding waarbij alle drie de bodies gelezen worden.
- Het verbinden van zogenaamde joints aan de kubussen had geen effect.

Tijdens deze reeks testen is het niet gelukt om de digitale weergave in zijn geheel mee te laten bewegen met het draadstaalmodel. Daarom is ervoor gekozen om een make-believe te maken. Dit is een film van de opstelling waarbij het lijkt alsof de veranderingen van het digitale model daadwerkelijk worden veroorzaakt doordat het analoge model vervormt. Tijdens het maken van de animatie voor deze film is een andere techniek bedacht om het digitale model aan te passen. Om dit snel te testen, aangezien de SMARTTRACK nog maar enkele dagen beschikbaar was, is gebruik gemaakt van twee standaard bodies. Dit geeft tevens het voordeel dat er minder vaak een kubus verspringt of verdwijnt.

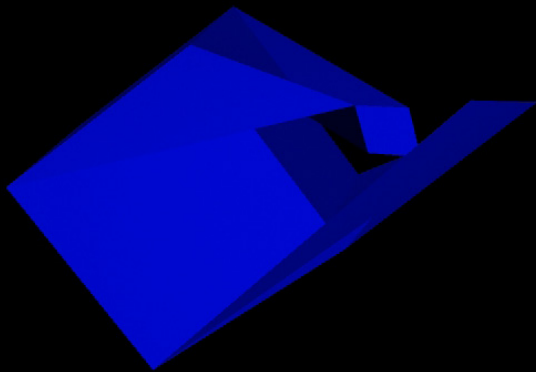


Figuur 24: de wijze waarop de twee kubussen aan elkaar verbonden zijn in Maya. Zie de volgende pagina's voor resultaten en toelichting.



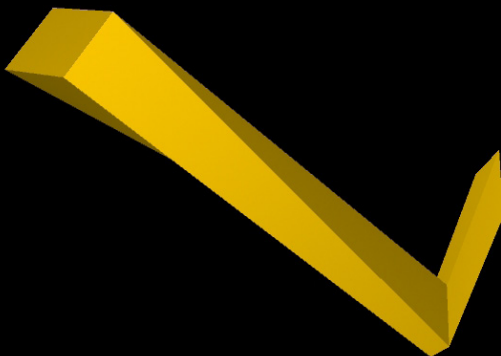
Verbinding 1

De vertices indirect verbonden. Alleen de vrije vertices blijven beweeglijk.



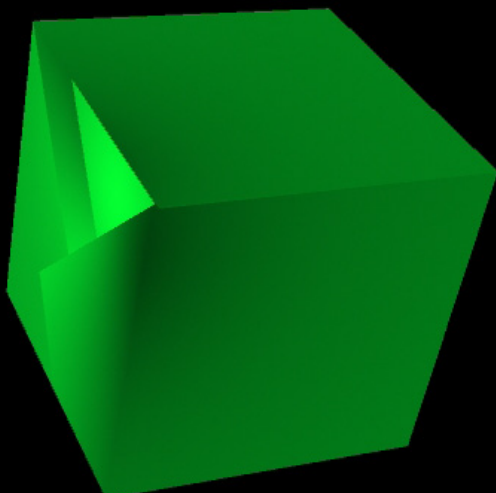
Verbinding 2

Één kubus aan de binnenzijde van de verbinding. De verbinding tussen de kubussen blijft onbeweeglijk. Daarbij is er nog minder variatie mogelijk dan bij verbinding 1.



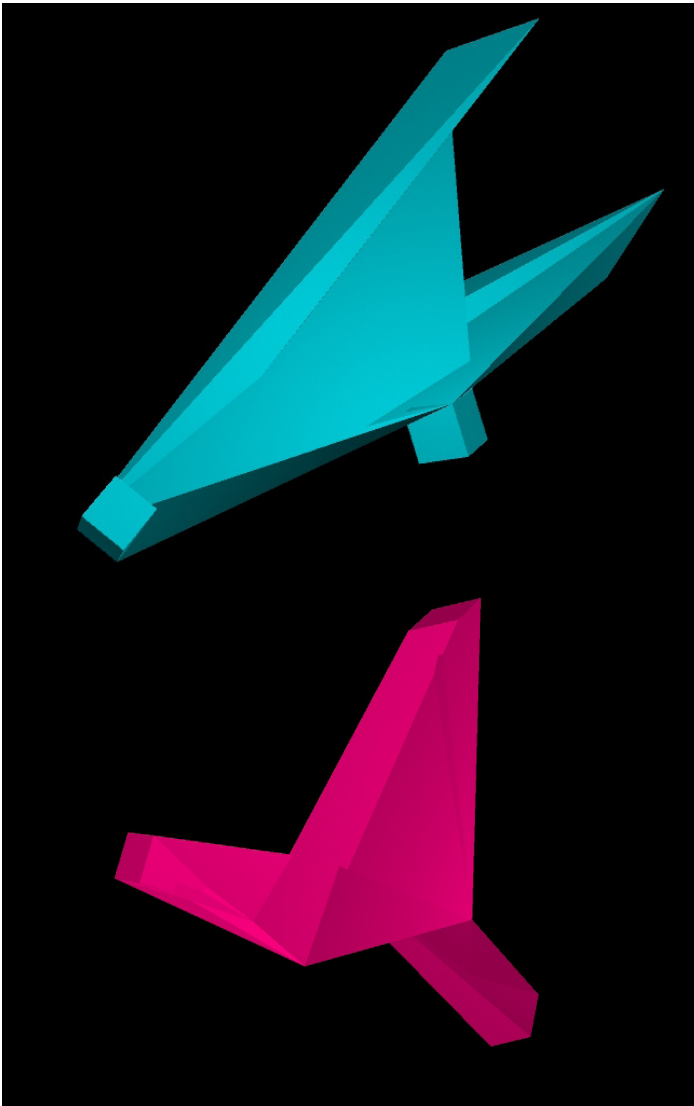
Verbinding 3

Directe verbinding, waarbij de verwachting was dat alle vertices beweeglijk zouden zijn. De verbonden vertices werden echter onbeweeglijk. Variatie in het model is minimaal.



Verbinding 4

Vertices willekeurig direct met elkaar verbonden. Alle vertices zijn onbeweeglijk.

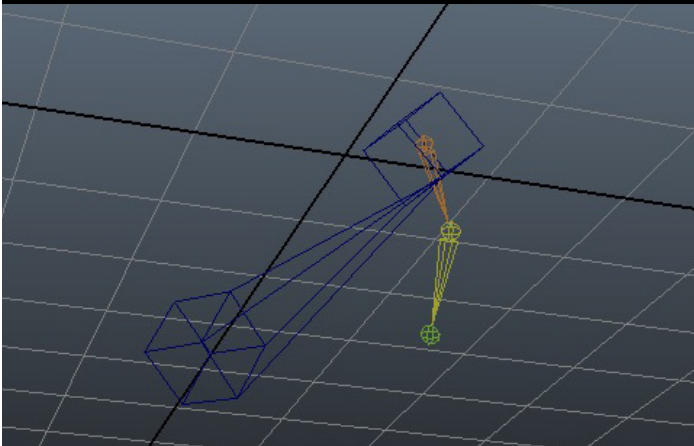


Verbinding 5

De vertices zijn verbonden als bij verbinding 1. Door de polygoon om te zetten naar een surface (zie figuur 4 op pagina 11) worden de vaste punten alleen benaderd. De surface-render hiervan ontbreekt. Echt beweeglijk is de structuur nog steeds niet. Onderaan deze pagina is het verschil tussen polygoon en surface te zien.

Verbinding 6

Drie kubussen met elkaar verbonden via een piramidevormig tussenstuk. Dat de piramide niet mee zou bewegen was van tevoren duidelijk. Deze test is alleen uitgevoerd om te laten zien hoe weinig variatie in modellen er mogelijk is. Zelfs als er extra bodies worden toegevoegd.

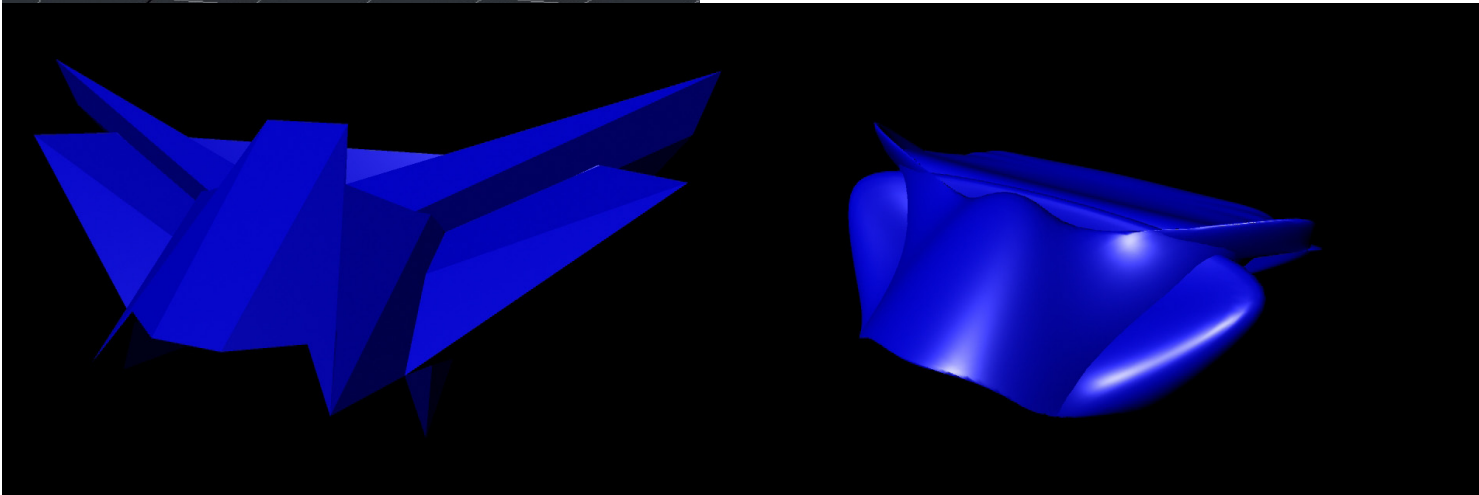


Verbinding 7

De kubussen zijn verbonden via een tussenstuk en dit model fungeert als 'skin' voor een joint. Als deze joint mee zou bewegen met de kubussen is het mogelijk de beweging van de joint om te zetten naar een ander model dat ook als skin fungeert.

Onderste figuren

Hetzelfde model als polygoon en surface gerendert.



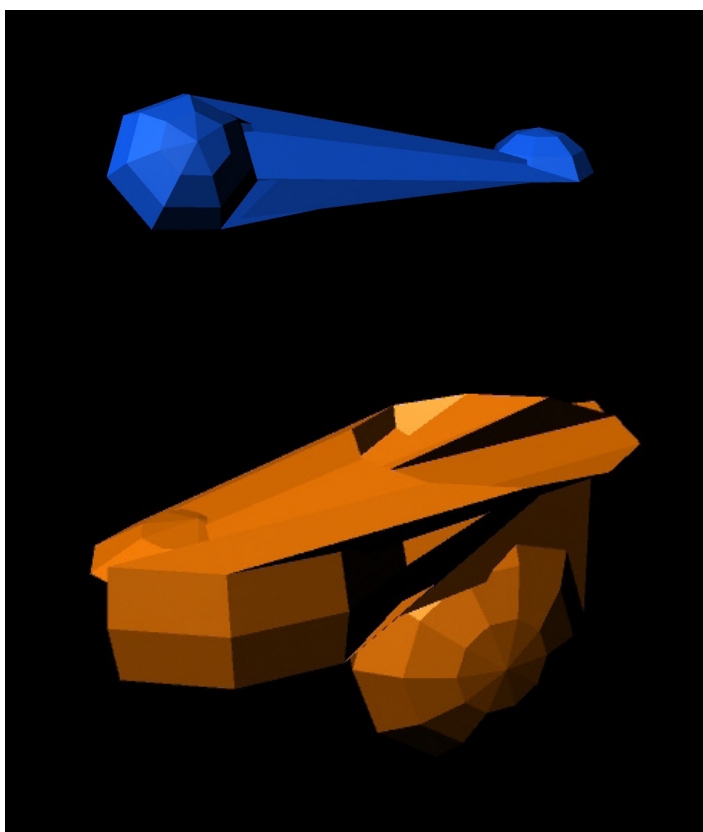
Driver Keys

Tijdens het animeren van de make-believe kwam een techniek naar voren die zorgt dat aanpassing van één onderdeel de trigger is voor verandering van een ander onderdeel. Hiervoor moet gespecificeerd worden welk onderdeel de 'driving component' is en welke de 'driven component'. Daarnaast moet voor beide componenten aangegeven worden om welke verandering het gaat. Mogelijke veranderingen zijn translatie langs een as, rotaties om een as en verandering in schaal.

De vertices van een bol worden ingedeeld in clusters, vervolgens worden de translaties en rotaties van een cluster verbonden aan de translaties en rotaties van de Maya2DTrack kubussen. Elke translatie en rotatie moet apart verbonden worden, daarom zijn de tussenstappen tijdens het verbinden steeds vastgelegd. Hierdoor is goed te zien dat de complexiteit van het digitale model groter kan worden naarmate meer translaties en rotaties verbonden zijn.

Daarnaast zijn bij elke stap scripts geschreven, zodat met enkele muisknoppen begonnen kan worden met modelleren. Deze scripts beschrijven het gebied waarin de kubussen invloed hebben op de bewegingen van de clusters echter niet goed. Hierdoor hebben de bewegingen en rotaties van de kubussen niet over de hele simulatieruimte invloed op het digitale model. Handmatig kan dit bijgesteld worden, maar dit kost ongeveer 10 minuten tijd.

De mogelijkheid om extra functionaliteit toe te voegen is getest door één basisfunctie toe te voegen: het vastleggen van een vervorming. Dit kan door de geschiedenis van het object te verwijderen, maar er kan dan niet verder gemodelleerd worden. Dit kan pas als er opnieuw clusters en driverkeys ingesteld zijn. Om nieuwe vormen te kunnen genereren is het nodig dat de clusters niet uit dezelfde vertices bestaan als de oude clusters. Dit opnieuw clusteren van vertices wordt in het vervolg van het verslag aangeduid als herclusteren.

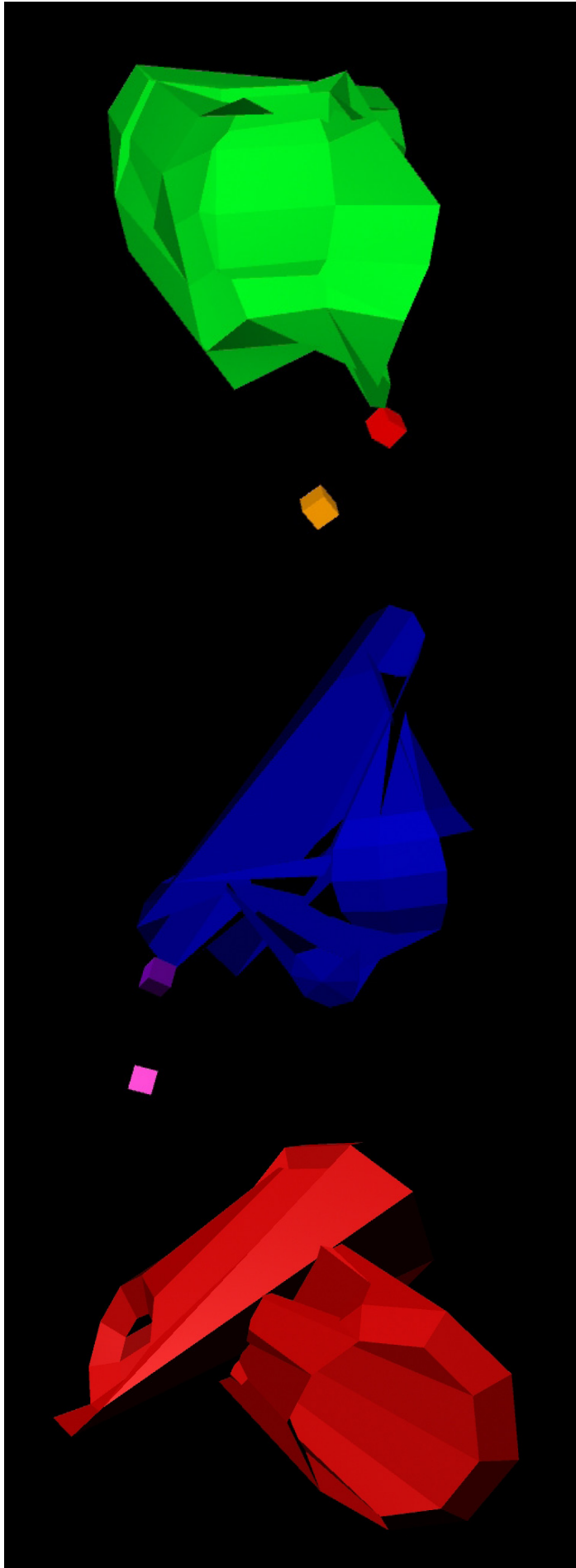


1 kubus volledig

De translaties en rotaties van één kubus gelinked aan de onderzijde van een bol.

2 keer translatie, 1 rotatie

De translaties van beide kubussen zijn aan clusters van de bol gelinked. Van één kubus zijn ook de rotaties gelinked. Het model wordt direct een stuk complexer.



Beide kubussen volledig
De rotaties en translaties van beide kubussen zijn gelinked aan clusters van de bol. De kubussen zelf zijn ook zichtbaar op deze render.

Vanuit het eerste script
Zowel translaties als rotaties van de kubussen zijn gelinked aan clusters van de bol. Doordat deze 'herclusterd' is en verder aangepast is het model nog complexer.

Vanuit het verbeterde script
De clusters bij dit script zijn zorgvuldiger gekozen, waardoor de gebruiker meer controle heeft over het model. Door te herclusteren is hier ook weer een complex model gemaakt.

Nadat de eerste modellen met herclusteren gemaakt waren, was er nog 1 dag over voordat de SMARTTRACK teruggestuurd moest worden. Deze dag is gebruikt om de scripts te verbeteren, zodat daadwerkelijk herclusterde modellen gemaakt konden worden binnen 1 minuut. Een voorbeeld van een stuk script is hieronder te zien, met uitleg.

```
//rotatie om X-as cluster 1 //
Cluster 1 selecteren als driven object select -r cluster1Handle ; setAttr "blendDevice12.deviceValue" 5.11744;

waarden vastleggen van elke translatie setAttr "HeadCube.translateZ" 5.11744;
en rotatie van de andere objecten [...]
setAttr "blendDevice1.deviceValue" 0.795399;

rotatie X aanpassen bij het driving object setAttr "HipsCube.rotateX" -60;
waarde aanpassen driven object rotate -r -os -60 0 0 ;

De rotaties met elkaar verbinden setDrivenKeyframe -currentDriver HipsCube.rotateX cluster-1Handle.rotateX;
// Result: 1 //

Bol selecteren select -r pSphere1 ;
Geschiedenis van het object verwijderen delete -ch;
vertices selecteren select -r pSphere1.vtx[0:20] pSphere1.vtx[41:60] ;
vertices clusteren newCluster " -relative -envelope 1";
volgende set vertices selecteren select -r pSphere1.vtx[21:40] pSphere1.vtx[41:60] pSphere1.vtx[61:73] ;
tweede cluster maken newCluster " -relative -envelope 1";
```

Met het vernieuwde script is nog een laatste model gemaakt voordat de SMARTTRACK echt terug gestuurd moest worden naar ART. Dit model is hieronder te zien. Ten aanzien van de mogelijkheden tot vervorming is het volgende geconstateerd:

- De vervormingsmogelijkheden hangen af van het aantal bodies.
- De complexiteit van het model wordt daarnaast bepaald door het opnieuw instellen van de clusters.
- Voor de opstelling zou het opnieuw instellen van de clusters afhankelijk moeten zijn van het analoog model. De vertices in bijvoorbeeld het bovenste segment van het digitaal model zouden dan een cluster moeten vormen dat gematched wordt met de bovenste body in het analoge model.
- Het is mogelijk om scripts te schrijven voor de volgende gewenste functies:
 - o Het invers toepassen van een vervorming, door de driver key andersom in te stellen
 - o Het clusteren van een kleine hoeveelheid vertices, en hierop inzoomen, om details toe te voegen
 - o Het vastleggen van vervormingen linken aan het indrukken van een voetpedaal
 - o Het toevoegen van een model, als deze opgeslagen is met een standaardnaam. Dit zou ook kunnen door modellen op te slaan in verschillende layers binnen het zelfde bestand. Deze layer kan dan onzichtbaar of onaanpasbaar worden gemaakt.
- Functies die waarschijnlijk niet mogelijk zijn met scripts:
 - o Het mergen van verschillende vormen, omdat dit alleen in vertexmode kan. Het niet handmatig selecteren van vertices en deze toch proberen te combineren levert waarschijnlijk problemen op.

Conclusie

De eerste conclusie die getrokken kan worden uit het aansluiten van de apparatuur en de software, is dat 3D tracken een complexe taak is. Voor het gebruik van de SMARTTRACK en het aansluiten van de software is kennis nodig op het gebied van informatica en grafische applicaties:

- Basiskennis van internet en veel gebruikte protocollen als TCP/IP en UDP
- Het opzetten van een server die gebruik maakt van bovengenoemde poorten, zonder de informatie daadwerkelijk op te slaan. Opslaan van informatie vertraagt het systeem met factor 10. Hiervoor is gevorderde kennis nodig op het gebied van programmeren in C++.
- Het importeren van de datastroom van een server in een grafische applicatie. Het verschilt per applicatie hoe deze data geïmporteerd moet worden.
- Kennis van de grafische applicatie, hoe functionaliteit toegevoegd kan worden.
- Bij gebruik van Maya voor de digitale representatie is het nodig om over basiskennis te beschikken om te modelleren, animeren en te programmeren met MEL.

Met deze kennis is het mogelijk om een opstelling te maken met de SMARTTRACK waar een deel van de doelstellingen mee gerealiseerd kan worden.

De tool impliceert visuele en deels tastbare representatie. Een solide model zou hieraan bijdragen, door het draadstaal model is het niet in één oogopslag duidelijk hoe de interactie plaats moet vinden. De tool zet aan tot gemakkelijke ideevorming en conceptvorming, hij laat simulatie toe en genereert deze. De interactie is intuïtief maar niet ongebonden. De discrepantie tussen de analoge input en de digitale output vormt een belemmering voor intuïtief gebruik. Tevens is de analoge input beperkt doordat de markers niet afgeschermd mogen worden.

De tool is weinig inzichtelijk en niet snel begrijpbaar, al bestaat de analoge input uit bekende handelingen. Door de beperkte mogelijkheden is de bruikbaarheid van de tool gering. De opstelling is in eerste instantie zonder voorkennis te gebruiken. Om de volledige functionaliteit toe te passen is het echter nodig om over kennis van de grafische applicatie te beschikken. De tool kan bijdragen aan een sneller proces binnen de oplossingsruimte, maar de gemaakte modellen kunnen niet 3D geprint worden. Om printen mogelijk te maken zou het digitale model met CAD software gerepresenteerd moeten worden.

Het niet voldoen aan alle doelstellingen is deels te wijten aan de beperkingen die optisch tracken met zich meebrengt. Daarnaast is de ondersteunende software voor de SMARTTRACK niet in staat om puntenwolken te genereren, hetgeen beperkingen oplegt voor het analoog model. De geïmporteerde bodies nemen hierdoor veel ruimte in beslag. Een model met bodies aan de buitenzijde bevestigd zou in nog mindere mate uitnodigen om te vervormen.

Het importeren in Maya biedt mogelijkheden, omdat de bewerkingen van het model mogelijk zijn vanuit scripts. Voor deze scripts kunnen knoppen gemaakt worden, zodat een interface samengesteld kan worden met alleen de nodige bewerkingen. De tool zou dan zeer weinig voorkennis vereisen van gebruikers.

Veel van de opgestelde eisen voor de functionaliteit zijn niet gehaald, dit komt door de weinige tijd die over was om testen uit te voeren. De grafische applicatie biedt wel mogelijkheden om deze functionaliteit te leveren. Optisch tracken met de techniek die de SMARTTRACK gebruikt is echter niet geschikt voor een opstelling waar beide handen het analoge model vervormen via direct contact. De datastroom via LAN, TCP/IP en UDP verbindingen sturen maakt het mogelijk om analoge input direct digitaal weer te geven.

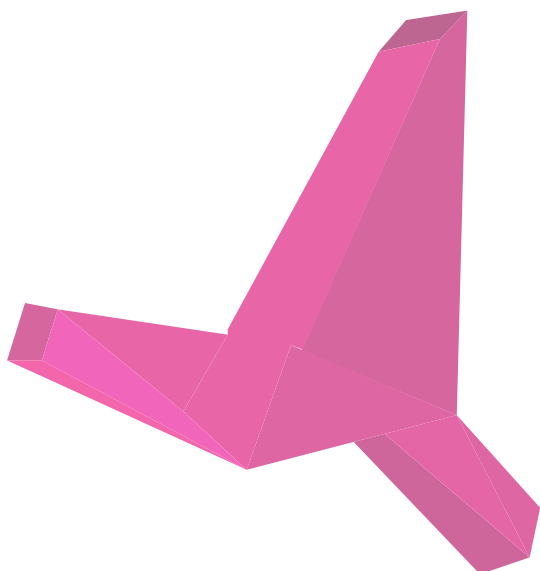
Aanbevelingen

Om een opstelling te maken die voldoet aan alle doelstellingen van RST zou ten eerste gekeken kunnen worden naar een andere tracking techniek. Dit komt omdat het tracken van bodies bestaande uit vier of meer markers veel ruimte in beslag neemt op het analoge model. Tevens geeft optisch tracken niet de mogelijkheid om de achterzijde van het analoge model te tracken. Er zijn andere manieren van optisch tracken, zoals de wijze waarop de Kinect dit doet. Deze wijze is echter ook niet geschikt voor het tracken van 'slechts' het analoge model.

Een techniek waar onderzoek naar gedaan zou kunnen worden is tracken met behulp van een magnetisch veld. De 'markers' die hiervoor gebruikt worden generen 6DOF data. Ten eerste nemen ze daardoor minder ruimte in beslag dan bodies, ten tweede heb je minder markers nodig voor dezelfde meting met losse optische markers die een puntenwolk van 3DOF data genereren. Een ander voordeel aan tracken met een magnetisch veld is dat de meting niet verstoord wordt door een solide analoog model of de handen van de gebruiker. Hierbij dient vermeld te worden dat het analoge model niet van een magnetisch materiaal gemaakt moet zijn, en de gebruiker geen magnetische voorwerpen bij zich draagt als een ring of horloge. De markers zouden op of net onder het oppervlak van bijvoorbeeld een schuimmodel geplaatst kunnen worden. Zie pagina 38 voor een mogelijke opstelling.

Met optisch tracken kan getest worden of modelleren mogelijk is door alleen de handen van de gebruiker te tracken. Voor het tracken van handen is software verder ontwikkeld, hetgeen tijd kan besparen bij het opzetten van een dergelijke opstelling. De getrackte handen kunnen dan virtueel gepresenteerd worden en een digitaal model bewerken. Om interactie met een analoog model te laten bestaan, kan een massief model gebruikt worden. Er moeten dan wel meerdere tracking devices gebruikt worden om beide handen te kunnen tracken.

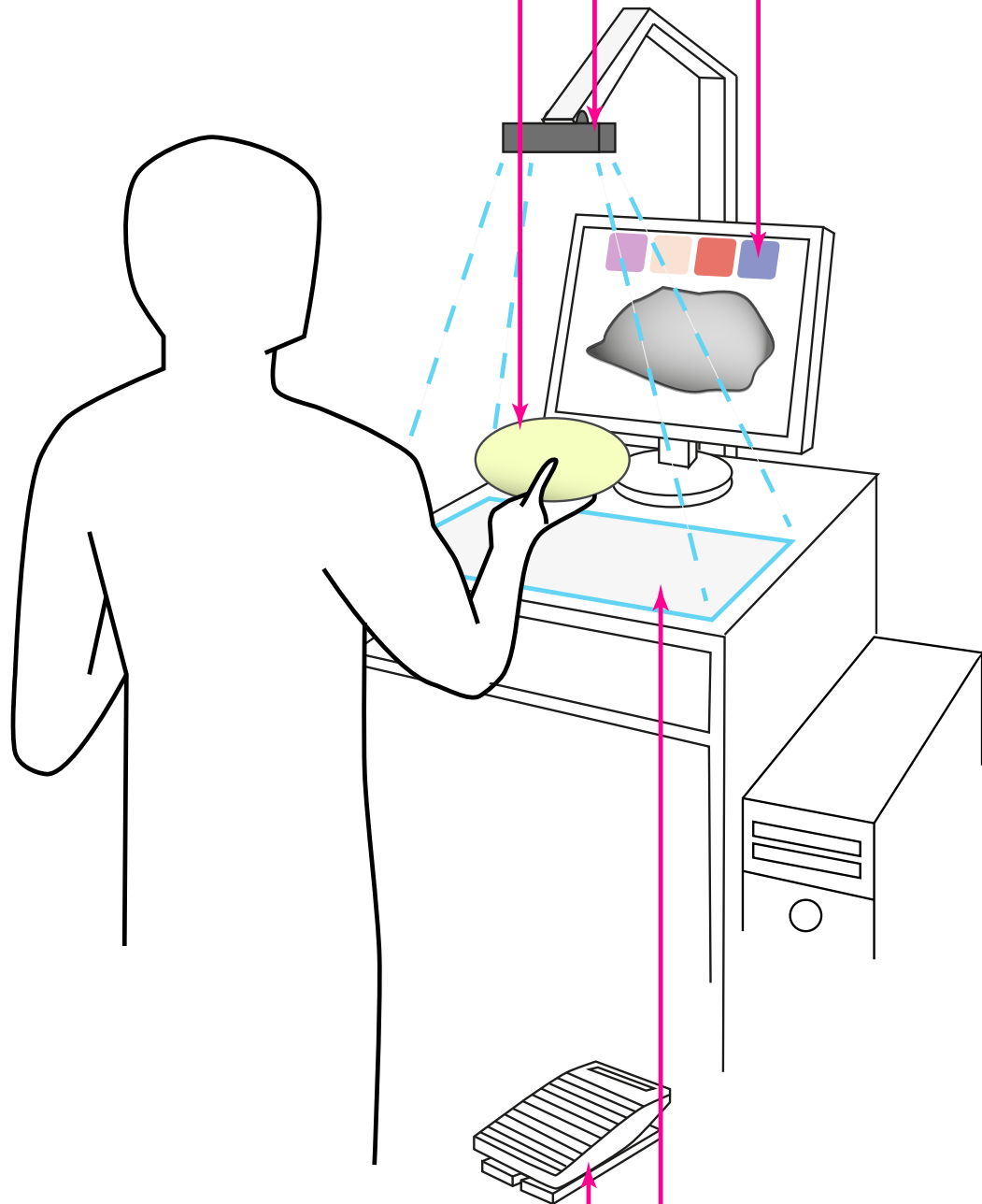
Naast de wijze van tracken zou het mogelijk zijn om meer onderzoek te doen naar het importeren van 6DOF data in CAD programma's. Als het mogelijk is om CAD modellen te maken met deze tool, is het namelijk mogelijk om de modellen te printen om een beter gevoel voor de vorm te krijgen.



Digitale representatie met simpele interface

Zender en sensor voor magnetisch veld

3D fysiek object, bijv. van Mocci met 6DOF markers onder oppervlak



Voetpedaal om vervorming vast te leggen

Simulatieruimte aangegeven

Figuur 25: Mogelijke opstelling die gebruik maakt van een magnetisch veld. De opstelling is exact hetzelfde als in eerste instantie bedacht voor de opstelling beschreven in dit verslag. De markers kunnen onder het oppervlak van een solide 3D fysiek object geplaatst worden.

Bijlagen

Bijlage 1

Manieren van contactloos tracken

Hieronder staat een aantal veelgebruikte methoden om locatie en beweging te tracken. Het betreft voornamelijk wijzen van tracken waarbij geen direct contact is tussen het te meten object en meetapparatuur.

Magnetisch veld interferentie

Een bron zendt een magnetisch veld uit binnen de simulatieruimte. Sensoren worden geplaatst op het object dat getracked moet worden. Elke sensor bevat drie orthogonale draadspoelen. Door het magnetisch veld wordt er een spanning in deze spoelen opgewekt. Aan de hand van deze spanning is te bepalen wat de positie en oriëntatie van de sensor ten opzichte van het magnetisch veld. Ferromagnetische materialen hebben invloed op het magnetisch veld, en sommige elektrische apparatuur ook.

Systemen gebaseerd op dit principe kunnen accuraat meten tot op fracties van een millimeter op korte afstand, maar op grotere afstand vermindert dit in grote mate. De meeste type systemen zijn effectief tot een paar meter afstand maximaal. Een groot voordeel aan dit soort systemen is dat het elektrische veld zonder problemen door non-ferromagnetische materialen heen gaat. Dit betekent dat het menselijk lichaam geen invloed heeft op het magnetisch veld.

Akoestisch

In de simpelste vorm van akoestische systemen wordt een geluidspuls uitgezonden vanaf het te meten object. Drie of meer geluidssensors meten de time-of-flight. Met behulp van die gegevens kan een driehoeksmeting uitgevoerd worden om de positie te bepalen, omdat de snelheid van het geluid bekend is.

Een alternatief is om geluidspulsen uit te zenden vanaf een aparte bron. Bij de bron zit ook de sensor, die meet wanneer geluidsgolven terug zijn gekaatst op de te meten objecten. Deze techniek wordt gebruikt bij SONAR. Geluid kan ook gebruikt worden om de snelheid van een object te meten. Dit kan door de faseverandering door het Doppler effect op de uitgezonden puls te bekijken.

Als een target afgeschermd wordt, en er dus iets tussen het te meten object en de sensor wordt geplaatst, heeft dit invloed op de meting. De meting is betrouwbaarder als er gebruikt wordt gemaakt van hoge frequenties. Daarnaast is het voordeel dat mensen het geluid niet horen. In de praktijk is de betrouwbaarheid van deze systemen niet meer dan een centimeter.

Lasers

Een laser is een intense, gefocuste straal van licht van een bepaalde golflengte. Door de laser op een object te richten, en het gereflecteerde licht te detecteren is het mogelijk om afstanden met hoge precisie te meten (tot op enkele nanometers nauwkeurig). De detectiewijze is complex omdat de faseverandering van de laser gemeten moet worden. Door drie lasers te gebruiken vanaf vaste punten is het mogelijk een driehoeksmeting toe te passen. Afscherming van het object vormt bij deze methode een probleem, de laser moet direct op het te meten object schijnen.

Het is ook mogelijk om de positie te bepalen met 1 laser als de exacte richting van de laser bekend is. Dit gebeurt vaak door de richting aan te passen met een spiegel waarvan de positie erg precies bij te stellen is.

De complexiteit van lasertracking is nog hoger als het te meten object beweegt. Naast positiebepaling van een object kan er ook een set van punten bepaald worden. Door met de laser de simulatieruimte herhaald af te scannen, kan een model gemaakt worden van de gelezen punten. Tracking systemen gebaseerd op lasertechniek vereisen veel technische kennis en zijn erg duur.

Electro-Optisch

Twee of meer camera's worden gebruikt om de simulatieruimte te observeren. De beelden die de camera's produceren worden geanalyseerd om erachter te komen waar het te meten object zich bevindt op deze beelden. Met de 2D posities van de object op deze beelden, en informatie over de positie en oriëntatie van de camera's kan de positie bepaald worden met een driehoeksmeting.

Het object vinden op de beelden van de camera is erg complex, vooral als het real-time gedaan moet worden. Om het object makkelijker te onderscheiden van de omgeving kunnen er sterk afwijkende markers geplaatst worden op het object. De precisie van optische systemen is gebaseerd op de resolutie en plaatsing van de camera's, en kan tot op 0.1 millimeter nauwkeurig zijn.

Mechanisch

Bij mechanisch tracken is het nodig om een exoskelet vast te maken aan het te tracken object. Wanneer punten op het object ten opzichte van elkaar bewegen, beweegt het exoskelet mee zonder weerstand te bieden. Met behulp van simpele mechanische berekeningen voor bijvoorbeeld de rotatie van de knooppunten van het skelet kan de positie van het punten op het object gemeten worden. De precisie van het systeem hangt af van de precisie waarmee het exoskelet gemaakt is. Daarnaast wordt de berekening complexer naarmate de beweging in meerdere vrijheidsgraden plaatsvindt. Het voordeel is dat er geen sensoren buiten het exoskelet nodig zijn, en het exoskelet dus niet gebonden is aan een simulatieruimte.

Inertie

Deze manier van tracken is gebaseerd op metingen van rotaties en lineaire acceleraties of snelheden om een schatting te maken van de rotatie en positie. Net als bij mechanisch tracken is er geen simulatieruimte bepaald. Het gebruik van goedkope sensoren legt beperkingen op wat betreft precisie. Daarnaast wordt de fout groter naarmate er de meting langer duurt, aangezien er steeds een kleine foutmarge bij op geteld kan worden. Door de metingen in de verschillende vrijheidsgraden met elkaar te vergelijken en doordat sensoren steeds kleiner zijn geworden bestaan er nu miniatuur inertie rotatie sensoren met driftcorrectie.

Ten opzichte van andere motiontracking technologie die op dit moment beschikbaar is, heeft inertie rotatie tracking de meeste potentie om zonder grenzen te kunnen tracken. Dat wil zeggen dat er geen simulatieruimte nodig is, en dat er ook contactloos getracked kan worden. Op het moment wordt er nog onderzoek gedaan naar draadloos tracken met behulp van deze techniek. Zie hiervoor ook de PHD van Young die tussen de referenties staat.

Bijlage 2

3.1 Passive markers

The passive markers used in ART tracking systems are retro reflectors. These markers reflect the incoming IR radiation into the direction of the incoming light. More precise: the IR radiation is reflected into a narrow range of angles around the (opposite) direction of the incoming light. Passive markers can be either

1. spherical markers:

- + excellent visibility from any perspective,
- expensive fabrication,
- sensitive surface,
- target requires larger volume > danger of mechanical damage.

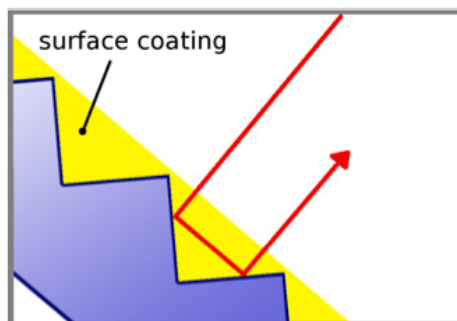
2. flat markers:

- + cheap,
- + flat targets possible,
- + robust surface because cover may be applied,
- the angular range of visibility is limited to approx. ± 45 degrees.

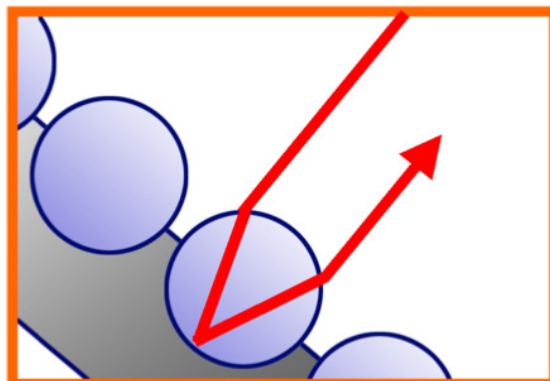
Passive markers are mostly spheres covered with retro reflecting foils. However, they can also be stickers made from retro reflecting material.

Retro reflecting sheets or foils available on the market can be based on two different optical principles:

1. Triple mirrors, which are arranged such that their planes form angles of 90° by pairs, are reflecting light in the described way. Mostly foils with arrangements of many very small mirrors in a plane are used.



2. Glass balls (with a proper refraction index) are focussing incoming light approximately to the opposite surface of the ball. A layer of microscopic glass balls, carried by a reflecting material, acts as a retro reflector. These foils can be fabricated on a flexible carrier material, thus they are widely used for equipping spherical markers with retro reflecting surfaces.



Bijlage 3

De SMARTTRACK aansluiten

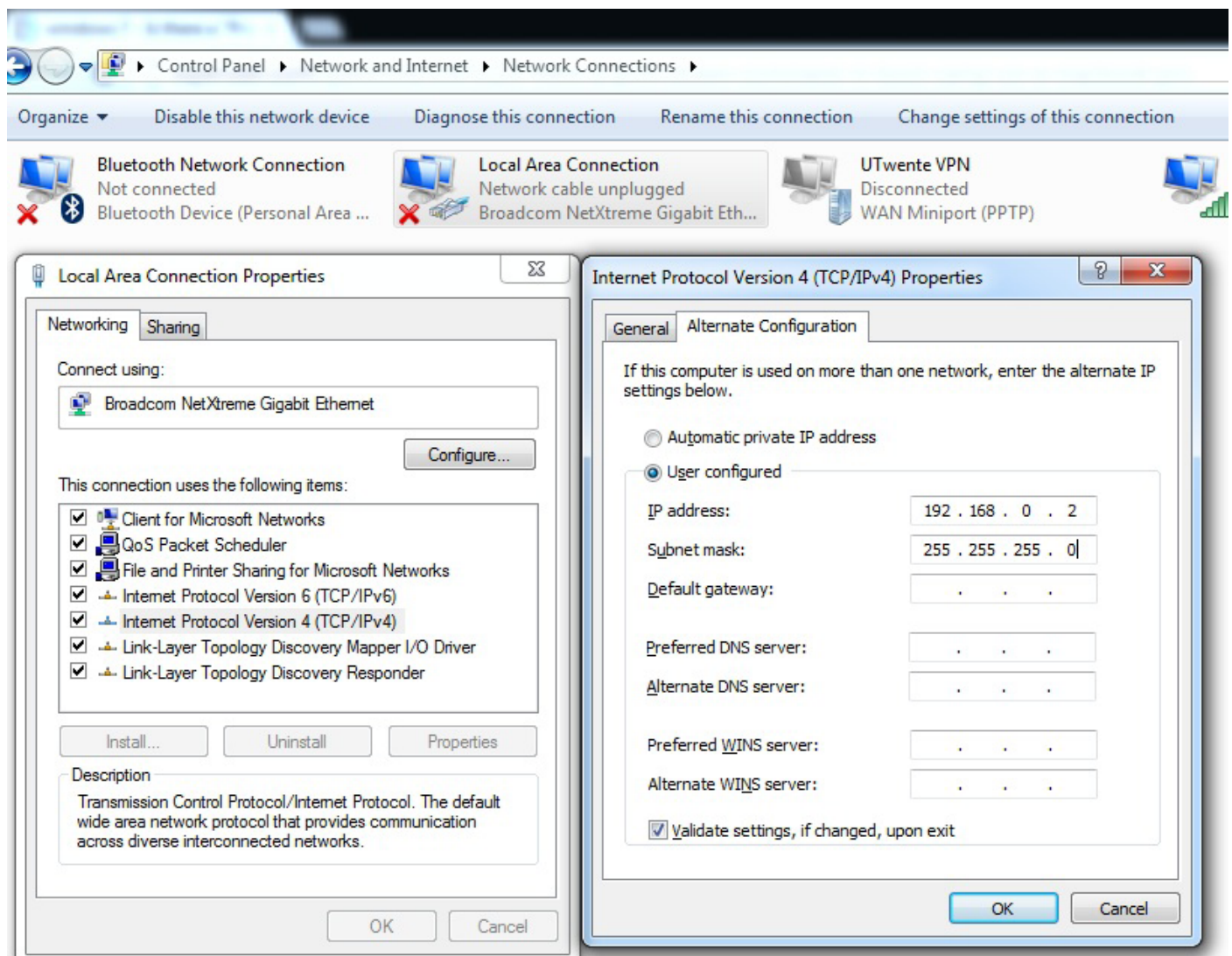
Setup file

```

1# ARTtrack Controller Setup:
2
3
4# ethernet settings:
5# - uncomment just one of the lines starting with 'SETNET'
6
7# ethernet settings: DHCP
8# - uncomment the following line to activate DHCP
9#SETNET="dhcp"
10
11# ethernet settings: fix IP address and subnet mask
12# - uncomment the following line to set a fix IP address and subnet mask
13#SETNET="ip 192.168.0.1 255.255.255.0"
14
15# factory reset of all other settings:
16# - CAUTION: use with care, all your settings will be lost!
17# - uncomment the following line to reset all other Controller settings
18#RESETSETTINGS="yes"

```

LAN IPv4 instellingen

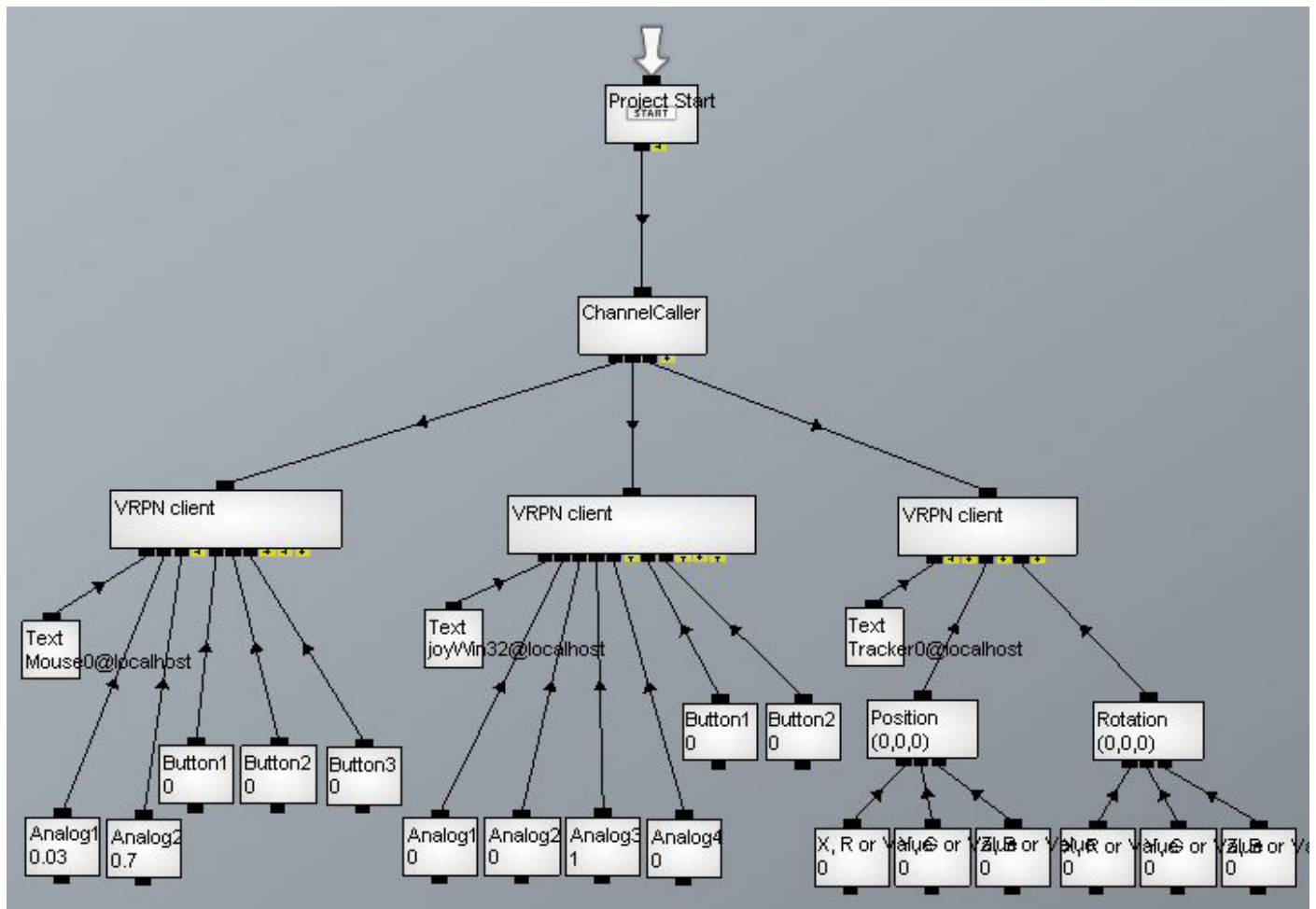


Bijlage 4

VRPN

Bron: <http://3dvrn.com/vrpn/>

Voorbeeld van implementatie van de VRPN plug-in voor Quest3D



Tutorial om een VRPN server opzetten

<http://www.vrgeeks.org/vrpn/tutorial---vrpn-server>

Bijlage 5

2-07-12: First time connecting Smartrack, intentionally by using a VRPN connection and Quest3D software. The VRPN plugin for Q3D is free, but the compatibility is limited to versions of Q3D that require a softwarekey.

4-07-12: Asked Jochen for Dtrack2 and the Maya plugin. The Maya plugin costs 1000 Euros and is only compatible with Maya 2011. We only have a Maya 2010 license at the University. I could try to get a 2011 version of Maya though, but for the project it would be easier if we could use open-source software. And we would still need the plugin.

Jochen wist niet van het bestaan van deze plug-in, maar na navragen bleek deze inderdaad te bestaan. Normaal moeten klanten 1000 euro betalen om gebruik te maken van de plug-in, dus kon ik er geen gebruik van maken. Na mailcontact tussen Robert en Armin werd de plug-in via de mail verstuurd.

9-07-12: Tried different setups to connect DTrack2 to the ARTcontroller. With the setup in fig. 4.10 (a) page 38 of the DTrack2 manual, it still doesn't work. The problem could lie in the fact that my networkcard wasn't registered on the network of the University. After registry still no connection. Also tried a factory reset on the SMARTTRACK to be sure all settings are good.

10-07-12: Registered the MAC address of the SMARTTRACK too on the University's network, though I should be able to get a LAN connection. The Network service says this MAC address doesn't even contact the internet. Therefore tried to set the IP, Subnet IP and MAC address of the SMARTTRACK controller with a USB stick (page 42&43 manual Dtrack2). And also tried a factory reset, but DTrack2 can't find the controller. When I try to find the set IP address and connect (though it hasn't found anything) I get the UDP send error, err -2 0.

11-07-12: Received Maya plug-in through mail, but the attachment was removed by the UT-webmail security. Asked Jochen to send it to my Gmail.

De beveiliging van de UT-mail had de bijlage echter verwijderd omdat deze als onveilig werd beoordeeld. Na enkele dagen heeft Jochen de plug-in op een ftp-server gezet.

17-07-12: Maya plug-in received through the ftp-server of ART. Tried to make a connection right away. Maya somehow stops responding when the connection between Maya and Maya2DTrack is established.

19-07-12: Different setups have been tested, using both windows OS 7 on a macbook, and on a HP laptop. File mode works, but the network mode still freezes Maya. Therefore real-time tracking is not possible. Sent printscreen images and .config file to show settings.

Voor de printscreens zie einde van deze bijlage. De configuratiefile is 22 pagina's lang dus die heb ik niet toegevoegd.

24-07-12: Made and sent a desktop movie showing what happens.
http://youtu.be/k_s53KgJT90

25-07-12: 1 week away from office. Jochen sent us a debugging file for the SMARTTRACK, containing a new license file. This file was deleted during factory reset.

02-08-12: Back in office. The license was a .dll file, which was removed by UT-webmail's security. Notified Jochen, asked him to put the file online on a ftp-server.

03-08-12: The license was uploaded on the ftp-server, debugging worked. With the new license

the Maya2DTrack plug-in worked real-time. Though the device manager in Maya doesn't "see" the SMARTTRACK.

06-08-12: Started first tests with Maya, trying to combine vertices of the cubes representing the bodies.

07-08-12: Calibration of the wireframe model worked, but the setup doesn't keep track of the bodies when great deformations are applied. Small deformations are not noticeable.

08-08-12: Different ways of connecting the cubes in Maya to digital models have been tried. Vertex-combinations and retargeting movements to a rig (digital model bonded to a joint-skeleton).

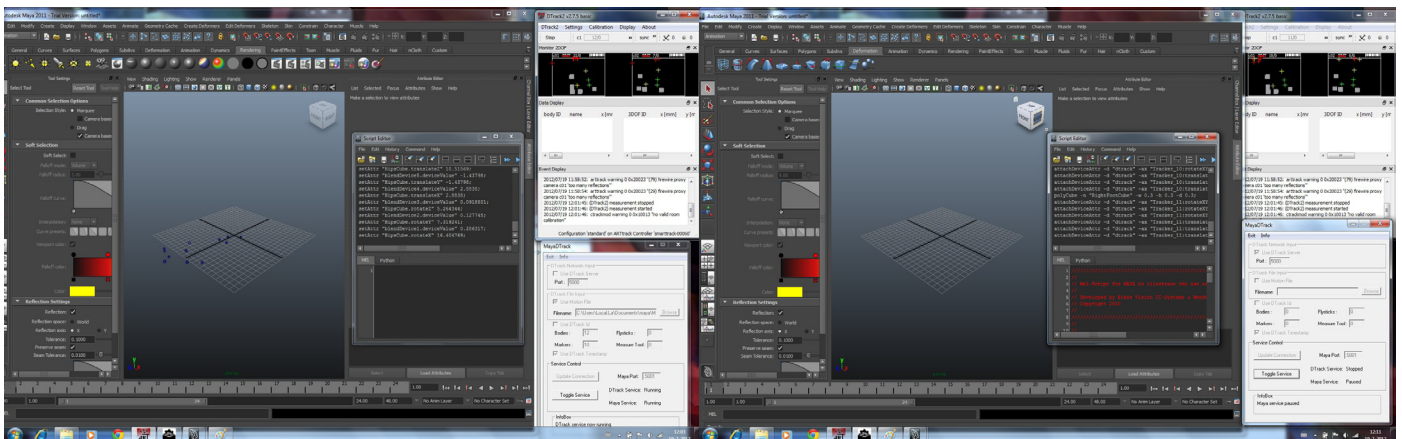
09-08-12: Started to build a makebelieve animation in Maya, found out about driving keys. Started to test one transformation of a normal body.

10-08-12: Tested different setups using driverkeys and different calibrations. Setting up driver/driving keys takes a lot of time, since transformations in every direction and rotation have to be set and finetuned.

13-08-12: Wrote scripts to automatically select driven vertices, and driving keys. Made some movies and renders of the results.

14-08-12: Wrote renewed script, which used the correct keys and selected new vertices automatically. So a 'pedal' function was added.

15-08-12: SMARTTRACK was sent back to AR-Tracking.



Figuur: Running from file (left) works but from network stream fails. (19-07-12)

Referenties en bronnen

Documenten rawshaping.com

- Bridging the Design Gap: Towards an Intuitive Design Tool, Wendrich et al, 2009
- Tacit Tangible CAD, Wendrich et al, 2010
- R.E. Wendrich, 'Multimodal Interaction, collaboration, and synthesis in design and engineering processing', Design2012, Dubrovnik, Croatia.
- R.E. Wendrich, 'Hybrid Design Tools Intuit Interaction', Norddesign2012, Aalborg, Denmark

Documenten AR-Tracking.com

- SMARTTRACK user manual
figuur 1, 9 en 10
bijlage 2
- Maya2DTrack user manual
- DTrack2 user manual
- Supported software Dtrack 2, www.AR-Tracking.com, juni 2012
tabel 1
- About optical tracking, www.AR-Tracking.com/technology/optical-tracking/, juli 2012

Software aansluiten

- VRPN for quest3D, <http://3dvrn.com/vrpn/>
- VRPN, <http://www.vrgeeks.org/vrpn>
- VR Juggler, <http://www.vrjuggler.org>
- C++ video tutorials, <http://xoax.net/cpp/>
- Introduction to Maya 2nd edition, Digital tutors

Verskillende tracking technieken:

Real Time Positioning and Motion Tracking for Simulated Clay Pigeon Shooting Environments, Coulson, 2003

Wireless Realtime Motion Tracking System using Localised Orientation Estimation, Young, 2010

Magnetisch tracken:

<http://www.motilis.com/V2/index.php?nav=8&passit>

