



HERONTWERP VAN EEN DISTANCE COLLABORATION TABLE

AUTEUR: RUBEN DE NOORD
DATUM: 18-07-2016
OPLEIDING: INDUSTRIEEL ONTWERPEN
UNIVERSITEIT TWENTE

Herontwerp van een distance collaboration table

Ruben de Noord

S1014455

Industrieel Ontwerpen

Datum afsluitend tentamen: 25 augustus 2016

Eerste begeleider: MSC R.G.J Damgrave

Tweede begeleider: Prof. Dr. Ir. J. Henseler

Voorwoord

Voor het afstuderen van mijn bachelor, was ik op zoek naar een opdracht die mij interessant leek. Tijdens het zoeken naar mogelijke opdrachten kwam ik wat van het VR-lab tegen. Helaas waren die opdrachten toen al vergeven, maar kwam er wel net een nieuw opdracht beschikbaar. De opdracht waarvan nu het verslag voor u ligt. Omdat het onderwerp mij aansprak en het dezelfde richting is van de master die ik wil gaan doen, heb ik deze opdracht met beide handen aangenomen.

Dit project is uitgevoerd voor het VR-lab van de Universiteit Twente. Ik wil graag mijn begeleider, Roy Damgrave, bedanken voor de begeleiding tijdens deze opdracht. Daarnaast wil ik de medewerkers van de werkplaats van de Universiteit Twente bedanken voor hun hulp bij het bouwen van het prototype. Ik wil in het speciaal Peter Bolscher bedanken, die mij enorm heeft geholpen bij het in elkaar zetten van het prototype.

Inhoudsopgave

Voorwoord	4
Inhoudsopgave	5
Samenvatting	6
Summary	7
Orientatie	9
1. Inleiding	10
2. Analyse	11
3. Programma van eisen	15
4. Ideeën	16
Conceptuitwerking	19
5. Eindconcept	20
6. Projectiescherm	21
7. Geluid	24
8. Touchscreen	25
9. Afmetingen	27
10. Interface	28
11. Prototype	33
12. Test	38
13. Conclusies en aanbevelingen	40
Referenties	41
Bijlages	42
Bijlage A	43
Bijlage B	44

Samenvatting

Deze bacheloropdracht is uitgevoerd in opdracht van het VR-lab van de Universiteit Twente. Er wordt onderzoek gedaan naar het gebruik van een distance collaboration table, een tafel waarmee op afstand kan worden samengewerkt. Hier is al eerder een student mee bezig geweest en het doel was om het eerder gedane werk te verbeteren waar nodig en te upgraden naar de huidige tijd. Hierbij is vooral gekeken naar het design, de hardware en de software. Deze drie dingen moeten allemaal verbeterd worden met in het achterhoofd de usability van de tafel.

Er is een analyse gedaan waarin vooral is gekeken naar de achterliggende gedachten van het oude ontwerp en het daarbij behorende prototype. Er is gebleken dat immersie erg belangrijk is voor de tafel. Immersie betekent in dit geval dat de gebruiker het verschil niet kan merken tussen een persoon die fysiek aanwezig is en een persoon die op een andere locatie aan een tafel zit.

Het oude prototype werkt door de gebruiker met een te filmen en deze vervolgens uit de achtergrond te filteren zodat alleen het videosignaal van de persoon overblijft. Dit wordt vervolgens geprojecteerd op een transparant doek. Tevens wordt het tafelloppervlak gefilmd en geprojecteerd zodat gebruikers fysieke objecten kunnen 'delen'.

Na de analyse is er een programma van eisen opgesteld. De belangrijkste eisen zijn dat de tafel plek moet bieden aan minimaal twee en maximaal zes personen, dat de content op het tafelblad voor alle gebruikers zichtbaar moet zijn en voor alle gebruikers hetzelfde en dat de gebruikers in de omgeving van de andere tafel moeten worden gevisualiseerd.

Vervolgens is er een ideefase geweest waarin verschillende ideeën zijn opgedaan. Deze ideeën bleken toch niet helemaal haalbaar en niet verschillend genoeg van het oude prototype. Vervolgens is er gekeken naar verschillende tafelvormen. Eisen hiervoor waren dat de inblikhoek voor het scherm minder moet zijn dan 90 graden, zodat de gebruikers elkaar goed kunnen zien, tevens mag de tafel niet te groot worden. Een tafel in de vorm van een driehoek bleek de beste vorm voor het herontwerp. Hier is een concept uitgekomen waarin er aan elke kant van de tafel twee personen kunnen zitten. De projectieschermen voor de personen kunnen worden weggehaald zodat er ook lokaal kan worden samengewerkt. De visualisatie van het tafelblad is omgezet tot een touchscreen waarop de gebruikers verschillende soorten bestanden kunnen delen met elkaar.

In de conceptontwikkeling is vervolgens gekeken naar de verschillende aspecten van de tafel. De gebruikers worden op andere tafels gevisualiseerd door middel van een transparant projectiescherm die uit de tafel tevoorschijn komt. Door de gebruiker te filmen met een Kinect 2 camera, kan de achtergrond verwijderd worden en kan de persoon geprojecteerd worden op het projectiescherm. Het touchscreen wordt gemaakt door een beamer die boven de tafel hangt en een Kinect die ervoor moet zorgen dat het tafelloppervlak 'touch-baar' wordt.

Het concept is omgezet tot een functioneel prototype waarmee het touchscreen en de projectie van de gebruiker getest kon worden. Dit prototype is volledig van hout gebouwd, waarbij er een doek om het tafelblad is gespannen om dat mooi strak te krijgen.

De projectie op het tafelblad ziet er goed uit, de gekozen methode van het tafelblad omzetten middels een Kinect werkt niet helemaal naar behoren, maar kan komen doordat er slechts één Kinect werd gebruikt. De projectie van de gebruiker op het transparante projectiescherm is onder bepaalde hoeken goed te zien, maar onder andere hoeken heel slecht.

Summary

This bachelor assignment was commissioned by the VR-lab of the University of Twente. Studies are being done considering the use of a distance collaboration table; a table at which, at different locations, can be collaborated. A student has worked on this before and the goal was to improve on that work and upgrade it to current time. The main focus was on the design, hardware and software. These three things all have to be improved upon, while keeping the usability of the table in mind.

An analysis was done in which the main focus was the old design and the associated prototype. Immersion was found to be essential to the table. Immersion means, in this case, that the user of the table will not be able to notice the difference between a physical present user or a user at a different location.

The old prototype works by filming the user, removing the background from the image and projecting that on a transparent screen. The surface of the table was also filmed and projected, enabling users to share physical content.

After the analysis was done, a list of requirements was made. The most important requirements are that the table must offer place for at least two and maximum six users, that the content on the table surface must be visible to all users and that users must be visualised in the environment of the table at another location.

When the requirements were set, several ideas were conceived. In the end these ideas were not achievable or were too similar to the old prototype. After that, a study of different table shapes was executed. The requirements for the table were that the viewing angle on the projection screens should be lower than 90 degrees. Also, the table should not get too big. A triangular table seemed the best option to go with. Using this triangular shape, a concept was made. In this concept, two people could sit on every side. The projection screens can be removed in order to enable local collaboration at the table. The projection of the table surface is replaced by a touchscreen with which users can share different sorts of files.

In the concept development all the different aspects of the table were elaborated upon. The users will be visualised at another table by using a transparent projection screen which will appear out of the table. By filming the user with a Kinect 2 camera, the background can be removed. The users will then be able to be projected at another table, within that environment. The touchscreen will be made by hanging a projector above the table. A Kinect will be used to transform the table surface into a touchscreen.

In order to test the functions of the table, a functional prototype was made. The touchscreen and person projection were to be tested. The prototype was completely made out of wood. The table surface has a canvas strained around it to get a nice looking and tight surface.

The projection on the table surface looks good, the chosen method of transforming the does not really work like it was hoped it would, but that could be because only one Kinect was used. The person projection on the transparent screen is well viewable under certain angles, but other angles not so much.

Oriëntatie

1. Inleiding

Deze bacheloropdracht is uitgevoerd in opdracht van het VR-lab van de Universiteit Twente. De opdracht was om een bestaand prototype van een distance collaboration table (dct) te herontwerpen. Dit is een tafel waarmee zowel lokaal als op afstand kan worden samengewerkt. De tafel filmt de gebruikers en projecteert deze bij eenzelfde tafel op een andere locatie. Daarnaast wordt ook het tafelloppervlak gefilmd en op de andere tafel geprojecteerd.

Het doel was om het prototype op drie vlakken te verbeteren:

Het **design** moet verbeterd worden. Het prototype wat beschikbaar was, is gemaakt om het idee te testen en daarom was alles puur gemaakt voor de functionaliteit. Het doel was om de tafel een mooie vorm te geven terwijl de functionaliteit niet verloren gaat.

Ook de gebruikte **hardware** moet verbeterd worden. Er zijn verschillende apparaten gebruikt om het prototype te bewerkstelligen. Een aantal gebruikte apparaten zijn reeds verouderd of er zijn verbeterde versies beschikbaar. Het doel is om de apparatuur te upgraden naar huidige standaarden.

Als laatste moet de **software** verbeterd worden. De software die gebruikt werd bij het oude prototype is mogelijk verbeterd of er is nieuwe software verschenen die toepasbaar is. Daarnaast zal er een algemene opzet worden gemaakt van de software die de hele tafel moet gaan 'runnen'.

Om tot een herontwerp van de dct te komen, worden de volgende stappen uitgevoerd:

Ten eerste is er een analyse uitgevoerd waarin met name is gekeken naar de masterthesis van de student die het prototype heeft ontwikkeld. Alle keuzes zijn bekeken en er is uitgezocht waarom bepaalde keuzes zijn gemaakt. Vervolgens is er getracht het prototype weer aan de praat te krijgen, om er achter te kunnen komen wat wel goed werkt en waar verbetering nodig is. Uit al deze punten is vervolgens een programma van eisen opgesteld.

Vervolgens worden er ideeën opgedaan voor verbeteringen van het prototype, waaruit uiteindelijk een concept moet komen. Dit concept wordt volledig uitgewerkt, zowel voor het design, de hardware als de software. Dit wordt opgedeeld in verschillende hoofdstukken, die elk een aspect van de tafel zullen behandelen.

Van het uitgewerkte concept zal een prototype worden gemaakt, die vervolgens ook wordt onderworpen aan een test.

2. Analyse

Aangezien dit project een vervolgproject is op een al eerder gedaan onderzoek, zal de analyse vooral bestaan uit de samenvatting van dat project. Er wordt gekeken welke keuzes er zijn gemaakt en waarom

Oorspronkelijke idee

Doordat het te duur is en teveel tijd kost om iedereen op dezelfde plek te hebben, wordt er tegenwoordig vaak gecommuniceerd via videoconferentie-systemen. Deze systemen moeten er voor zorgen dat via audio en video de gebruikers toch 'aanwezig' kunnen zijn bij een vergadering. Het idee van deze systemen is om de gebruikers een vergadering bij te kunnen wonen, maar er wordt nooit verder gekeken dan dat. Hoewel de kwaliteit van de audio en video beter wordt, gaat de kwaliteit van zo'n vergadering niet per sé omhoog (Damgrave, Lutters)[1].

R. Damgrave en E. Lutters beschrijven een 'distance collaboration table support environment'. Hierin wordt een voorstel gedaan over een tafel die die het bewustzijn van de afstand tussen verschillende locaties tijdens het samenwerken, moet verminderen. Dit betekent dat het samenwerken op afstand hetzelfde moet zijn als lokaal samenwerken. De afstand mag dus geen factor zijn en geen invloed hebben op het niveau van het samenwerken.

"Het is essentieel dat dat de gebruikers niet alleen het gezicht en gezichtsuitdrukkingen zien, maar ook fysieke activiteit van alle gebruikers zowel aan de lokale tafel als de tafel op afstand."
(Damgrave, Lutters) [1]

De tafel moet dus zowel ondersteunen dat alle gebruikers voor iedereen worden gevisualiseerd, zowel het gezicht als de rest van het lichaam.

Distance collaboration support environment

Kusters [2] beschrijft in zijn thesis deze termen om zo tot een goed idee te komen waar de tafel voor moet staan

Distance is in dit geval de afstand tussen twee of meerdere personen die samenwerken. Hoe groter de afstand wordt, hoe meer reistijd en geld het kost, des te waardevoller wordt een distance collaboration environment. Wanneer de afstand te groot wordt, zal het echter weer minder waarde hebben door te grote tijdsverschillen.

Collaboration (samenwerken) heeft nodig dat er minstens twee personen zijn op één of meerdere locaties. Collaboratie heeft verschillende soorten configuraties zoals het bijvoorbeeld het een-op-een samenwerken of het een-naar-meerdere.

Hoe meer personen er samenwerken staat niet gelijk aan de effectiviteit van de samenwerkingsessie. Het is dus niet zo dat hoe meer personen eraan deelnemen, hoe hoger de kwaliteit van de resultaten is. Uit een onderzoek van Anderson et al. [3], waarin twee groepen via een virtuele omgeving samenwerkten, er geen toegevoegde waarde was in het hebben van extra groepsgenoten. Er was niet meer communicatie of uitwisseling van ideeën ondanks dat het een grotere groep was.

Support betekent in dit geval dat de omgeving de collaboratie, zowel lokaal als op afstand, moet kunnen ondersteunen. De omgeving heeft een verhoogde waarde wanneer deze zowel lokale collaboratie als collaboratie op afstand ondersteunt.

Environment is de omgeving waarin wordt samengewerkt. Dit is niet het systeem, maar een omgeving. De omgeving moet tools bieden die het mogelijk maakt om te kunnen samenwerken op afstand. Hierin is immersie erg belangrijk.

Immersie

Immersie is onbewust bewust zijn in de omgeving (Kusters, 2014)[2]. Dit houdt in dat het systeem in de omgeving, niet mag opvallen. De focus moet liggen op het samenwerken en niet het systeem.

Een aspect van de tafel is dat het de gebruiker moet laten denken dat hij daadwerkelijk met andere personen aan de tafel zit. Met andere woorden: immersie is erg belangrijk bij deze tafel. Immersie kan door meerdere factoren beïnvloed worden.

Een immersieve omgeving is ontworpen om de immersie te optimaliseren. Verschillende, vaste locaties worden virtueel samengevoegd als één.

Het gemaakte prototype gebruikt meerdere manieren om dit idee te optimaliseren. Ten eerste moeten de personen op ware grootte worden gevisualiseerd. Dit betekent dat de visualisatie net zo groot moet zijn als de persoon zelf.

Ten tweede moet de persoon gevisualiseerd worden op een andere locatie. Dit kan door bijvoorbeeld een Virtual Reality- (VR-) of Augmented Reality- (AR-) bril te gebruiken. VR betekent dat de realiteit virtueel is, dus dat de volledige omgeving waarin de gebruiker zich bevindt, virtueel is. Een AR-bril, daarentegen, voegt virtuele beelden toe aan een echte omgeving. Op deze manier zou de gebruiker dus de andere gebruikers echt zien zitten in zijn/haar omgeving.

Om dit op een andere manier te bereiken, kunnen de personen op een transparant oppervlak worden geprojecteerd. Door een dieptecamera te gebruiken, kan de achtergrond weggehaald worden en blijft alleen de persoon over. Op deze manier is de persoon dus te zien in de omgeving van de gebruiker.

De schaal is ook erg belangrijk, moet de persoon 1 op 1 geprojecteerd worden, op ware grootte, en is het belangrijk dat de camera die de persoon filmt, op ooghoogte staat zodat de gebruiker de geprojecteerde persoon ziet zoals dat ook zou zijn wanneer die bij hem/haar aan tafel zou zitten.

Communicatie

Communicatie is de basis van interactie en interactie is de basis van collaboratie. Communicatie kan op verschillende manieren uitgevoerd worden. Voor de tafel zijn de belangrijkste communicatiemiddelen de verbale en non-verbale communicatie. Verbaal is het spreken van woorden. Non-verbaal houdt alle andere manieren van communicatie in, zoals onder andere spreektoon, gezichtsuitdrukkingen en lichaamshouding.

Uit een onderzoek van A. Mehrabian et al. [4] blijkt dat verbale communicatie slechts 7% invloed heeft op een like-dislike relatie, vocaal en non-verbaal (bijvoorbeeld uitspraak van woorden) heeft een invloed van 38%, en non-vocaal en non-verbaal (zoals bijvoorbeeld lichaamshouding) heeft een invloed van 55%.

Non-verbaal en non-vocaal hebben dus de grootste invloed op de relatie tussen de gebruikers. Dit betekent dat er veel nadruk moet worden gelegd op deze communicatievormen. Echter mag de verbale communicatie niet worden vergeten.

Prototype

Het vorige prototype was gebouwd om het idee en de werking te testen van de distance collaboration table. Het was daarom ook een prototype dat werkte, maar verder geen echt design had.

De mogelijkheden met dit prototype waren om personen te filmen en te projecteren en om het tafeloppervlak te filmen en te projecteren.

Het prototype, zoals te zien in afbeelding 2.1, werkt als volgt:

Er is een tafel met aan één lange kant de stoelen en aan de andere kant een doek. Achter het doek zit een kinect camera verstopt, op ooghoogte van de gebruikers. Deze camera filmt de gebruikers en dit beeld wordt geprojecteerd bij de andere tafel op het doek. Er wordt een kinect gebruikt omdat dit een dieptecamera is en hierdoor de achtergrond verwijderd kan worden waardoor alleen de persoon te zien is. Door dit te projecteren op een transparant doek wordt de illusie gewekt dat de persoon echt aanwezig is aan de tafel.

Boven de tafel is nog een camera en een beamer. De camera filmt het tafeloppervlak en dit wordt vervolgens geprojecteerd op de andere tafel. Op deze manier kunnen gebruikers makkelijk dingen aanwijzen of dingen laten zien aan de andere gebruikers.



afbeelding 2.1 – het prototype (foto: J. Kusters)

Om uit te vinden welke onderdelen er gebruikt worden in het prototype en hoe deze onderdelen samenwerken, is er getracht het prototype opnieuw aan het werk te krijgen. Deze heeft een tijd stilgestaan en daarnaast waren de bijbehorende computers inclusief software verdwenen. De software moest dus opnieuw geïnstalleerd en ingesteld worden. Door dit alles te doen, konden er eenvoudig negatieve punten van het prototype ontdekt worden.

De volgende negatieve punten zijn ontdekt tijdens het testen van het prototype:

- **Het is veel werk om de tafel aan te zetten.** Allereerst zou de computer opgestart en beide beamers aangezet moeten worden. Vervolgens kan het programma personify aangezet worden welke direct de persoon filmt en de achtergrond weghaalt. Het positieve is dat dat meteen werkt, maar er kan niks aangepast worden in de software. Het filmen en projecteren van het tafelloppervlak was een groter probleem. Omdat er tegelijk gefilmd en geprojecteerd wordt, ontstaat er een droste-effect op de tafel. Om dit te voorkomen is er gebruik gemaakt van een shutter van een 3d-bril en een 3d-beamer. Door deze op een bepaalde manier in te stellen, kon er om en om gefilmd en geprojecteerd worden. Helaas is dit niet meer aan het werk gekregen, waaruit ook bleek dat die oplossing werkte, maar veel werk kost om het aan de praat te krijgen.
- **Wanneer er donkere kleding gedragen wordt, is deze lastig zichtbaar** op de projectie en blijft er slechts een zwevend hoofd over. Dit komt mede door de manier van projecteren op een transparant doek. Er zal moeten worden gekeken hoe en of dit opgelost kan worden zonder dat dit afdoet aan de immersie.
- **Om de persoon enigszins te zien op de projectie, is het nodig dat er een fel licht op de gefilmde persoon staat.** Hoewel de locatie waar het prototype staat vrij donker is en de tafel uiteindelijk in een goed verlichte omgeving moet komen te staan, was het benodigde licht toch vrij veel.
- **Door de beperkingen van de eerste Kinect, werkt het weghalen van de achtergrond niet perfect.** Zo zijn er nog regelmatig 'artefacten' te zien die niet gefilterd worden, bijvoorbeeld wanneer de persoon een (snelle) beweging maakt.
- **De Kinect bevindt zich recht in het zichtveld van de gebruiker.** Dit stoort het geprojecteerde beeld van de persoon aan de andere kant.
- **Er is nog niet echt geluid aanwezig,** afgezien van de speakers in een van de beamers. Voor een immersieve omgeving zal goed geluid ook nodig zijn, om het gesprek zo natuurlijk mogelijk te laten klinken.

Conclusie

Het doel van de tafel is om de grens tussen lokaal en op afstand te laten verdwijnen. Gebruikers moeten het idee hebben dat ze met iedereen lokaal aan het samenwerken zijn. Dit is te bewerkstelligen door de immersie te vergroten. Immersie kan bereikt worden door de twee omgevingen (lokaal en op afstand) zagezegd te laten 'samensmelten'. Dit kan door gebruikers uit hun eigen omgeving te halen en deze virtueel in een andere omgeving te plaatsen.

Vervolgens kan er gecommuniceerd worden tussen de gebruikers. Verbale communicatie is belangrijk, maar is slechts een klein deel van de totale communicatie. Non-verbale communicatie zoals lichaamshouding en toon van de stem moeten goed overgebracht worden.

Het beschikbare prototype werkt, maar een aantal dingen is nog te verbeteren. Zo is het transparante scherm nog te opvallend en werkt de visualisering van het tafelblad niet helemaal perfect.

3. Programma van eisen

Naar aanleiding van de analyse, is er een aantal eisen ontstaan waaraan de tafel moet voldoen.

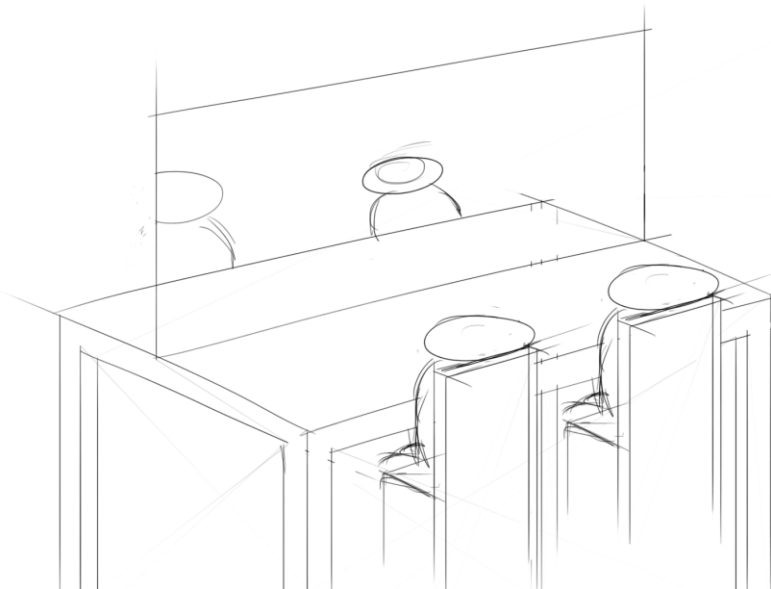
- **De tafel moet een immersieve samenwerkingsbeleving bieden.**
 - o **De personen moeten 1 op 1 worden gevisualiseerd.** Voor een immersieve beleving is het belangrijk dat alle gebruikers op ware grootte worden gevisualiseerd. De gebruiker moet het idee hebben dat er een echte persoon zit.
 - o **De personen moeten in de locatie van de gebruiker worden gevisualiseerd.** Om de verschillende locaties 'samen te smelten', zullen gebruikers bij andere tafels moeten worden gevisualiseerd.
 - o **De content op tafel moet voor alle gebruikers zichtbaar zijn.** De tafelopervlakken moeten samen één worden door alles wat op de verschillende tafels te zien is, ook op de andere tafels te laten zien.
 - o **De content op tafel moet voor alle gebruikers hetzelfde zijn.** De tafelopervlakken moeten één oppervlak worden, dus alle gebruikers moeten hetzelfde kunnen zien.
- **De visualisatie van de gebruikers moet vanuit alle hoeken goed zichtbaar zijn.** Alle gebruikers, dus ook de gevisualiseerde, moeten voor iedereen aan de tafel zichtbaar zijn.
- **De tafel moet plek bieden voor minimaal twee en maximaal zes personen.** Één persoon kan niet samenwerken en grotere groepen leveren niet direct een beter resultaat op. Vandaar dat er is gekozen voor minimaal twee en maximaal zes personen.
- **De tafel moet een middel zijn om te samenwerken.** De gebruikers moeten door middel van de tafel met elkaar kunnen samenwerken, hierbij is de tafel dus ondergeschikt aan het doel. De tafel moet dus zo min mogelijk 'opvallen'.
- **Gebruikers moeten zowel lokaal als op afstand kunnen samenwerken.** Omdat er niet altijd op afstand zal worden samengewerkt, zal de tafel ook lokale collaboratie moeten toestaan.
- **Gebruikers moeten zowel non-verbaal als verbaal kunnen communiceren.** Non-verbale communicatie is minstens zo belangrijk als verbale communicatie. Deze moeten beiden dus goed worden overgebracht.
- **De gebruikte apparatuur mag zich niet in het zichtveld van de gebruiker bevinden.** Om te voorkomen dat de gebruiker het idee heeft dat deze bijvoorbeeld constant gefilmd wordt, moet de apparatuur van de tafel zoveel mogelijk verborgen worden.
- **De tafel moet één geheel vormen.** Alle apparatuur moet zich in de tafel bevinden, zodat er geen volledig toegewijde locatie moet worden gemaakt voor de tafel.

4. Ideeën

Na de analyse en het programma van eisen wat daaruit is voortgekomen, is het tijd om te beginnen aan het ontwerp van een concept. Bij deze ideeën was het belangrijk het oude prototype zoveel mogelijk te vergeten om het de ideeën niet te veel te laten beïnvloeden.

Tafel met touchscreen

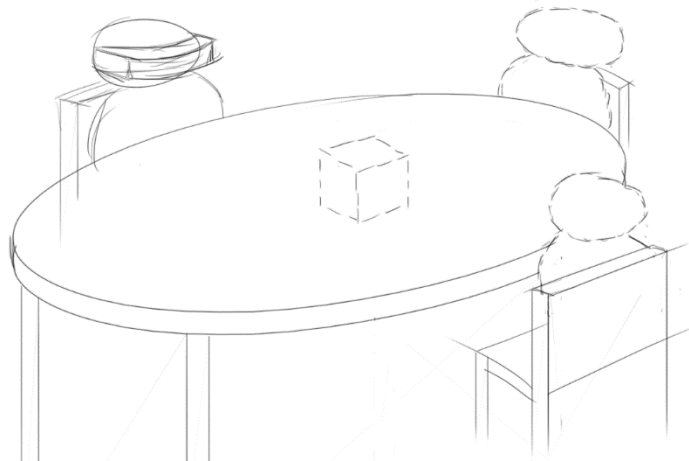
Een tafel die, in de lengte, in tweeën wordt gedeeld door middel van een scherm. Een gebruiker kan fysiek aan een kant van de tafel plaatsnemen. Een gebruiker op een andere locatie wordt vervolgens geprojecteerd op het scherm, op zo'n manier dat het lijkt alsof deze aan de andere kant van de tafel zit, als een hologram. De gebruikers kunnen vervolgens met elkaar communiceren. De tafel waaraan ze zitten is een touchscreen waarmee getekend en geschreven kan worden. Door middel van swipen, kunnen verschillende teksten, tekeningen etc. naar de andere persoon 'geschoven' worden. De twee tafelhelften bij de verschillende gebruikers moeten samen één tafel vormen. Te zien in afbeelding 4.1.



afbeelding 4.1 – *tekening tafel met touchscreen*

Augmented Reality-bril

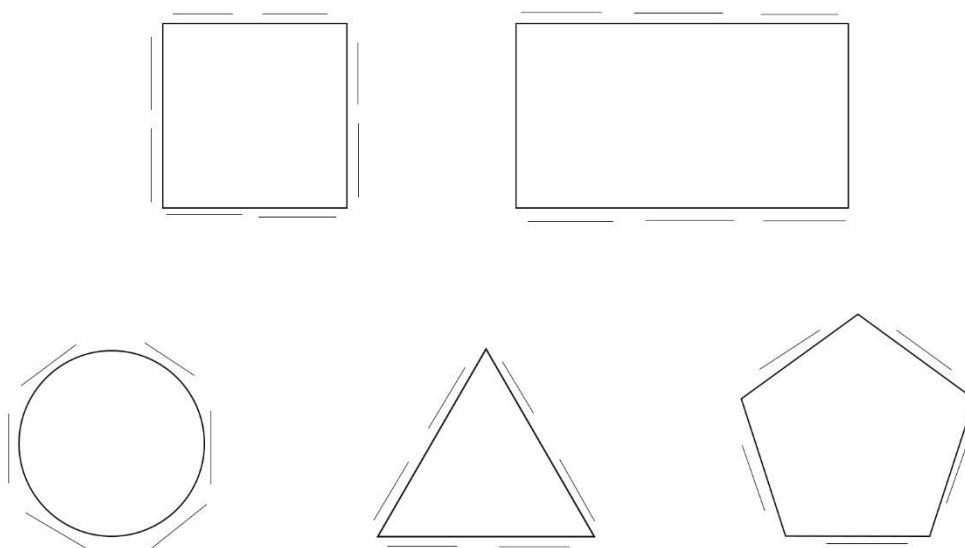
Een ronde tafel met stoelen die op een vaste plek staan. De gebruiker kan een AR-bril opzetten en vervolgens ziet hij alle andere gebruikers aan zijn tafel zitten. Hiermee kan hij met de andere gebruikers communiceren. Tevens zijn alle spullen die hij op tafel legt zichtbaar voor de andere gebruikers. Door het gebruik van de VR- of AR-bril heeft de gebruiker het idee dat de andere gebruikers aan zijn tafel zitten, tevens kunnen er meerdere gebruikers aan dezelfde tafel plaatsnemen. Te zien in afbeelding 4.2.



afbeelding 4.2 – *tekening tafel met AR-bril*

Tafelvormen

Omdat het eerste idee nogal lijkt op het oude prototype, en tevens niet volledig voldoet aan de eisen, en het tweede idee technologisch nog niet haalbaar is, is ervoor gekozen om terug te gaan naar de basis. De eis dat er zes personen tegelijk aan de tafel kunnen bepaalt veel over de vorm van de tafel. Vandaar dat er is gekeken naar welke tafelvorm het meest ideaal is. Hierbij is zowel gekeken naar de hiërarchie aan de tafel (competitief versus collaboratief) en de inkijkhoek van de projecties van de personen, die kleiner moet zijn dan 90 graden. In afbeelding 4.3 zijn verschillende tafelvormen te zien. Uiteindelijk bleek de driehoek de beste vorm. Het is een goede compromis tussen het collaboratieve en competitieve. Waar een ronde tafel zeer geschikt is voor samenwerken, is het voor de inkijkhoek weer minder geschikt. De driehoekige vorm heeft wel een geschikte inkijkhoek en er kunnen zes personen aan plaatsnemen.



afbeelding 4.3 – *verschillende tafelvormen*

Concept

Het uiteindelijke concept, te zien in afbeelding 4.4, is een driehoekige tafel met afgestompte hoeken.

De vorm van de tafel is een zeshoek met drie korte en drie lange zijden, met twee zitplaatsen aan elke lange zijde. Deze opstelling is gekozen omdat het een compromis is tussen een competitieve opstelling en een opstelling om samen te werken. In een competitieve opstelling zitten de gebruikers recht tegenover elkaar, terwijl in een samenwerkingsopstelling de stoelen meer rond een tafel staan, zonder hiërarchie. Een ronde tafel is daar een goed voorbeeld van. De reden dat hier niet voor is gekozen is omdat in zo'n opstelling niet alle schermen even goed zichtbaar zijn voor de gebruikers.

De tafel zelf bevat een touchscreen. Op alle tafels is hetzelfde scherm te zien. Hiermee kunnen de gebruikers documenten, afbeeldingen en dergelijke delen met elkaar. Tevens kunnen ze dingen aanwijzen en tekenen. Het moet werken als een gewone tafel, waar papieren naar elkaar kunnen worden geschoven. Gebruikers kunnen door middel van een digitale hand dingen aanwijzen.

Aan de tafel staan zes stoelen. Boven elke stoel hang een uitrolbaar scherm. Deze rolt automatisch uit wanneer er een gebruiker aan een andere tafel op die plek gaat zitten en de plek 'aanzet'. Op deze manier kan er ook lokaal gewerkt worden aan de tafel, of kunnen er meer dan 2 personen op een locatie van de tafel gebruikmaken.



afbeelding 4.4 – concepttekening

Conclusie

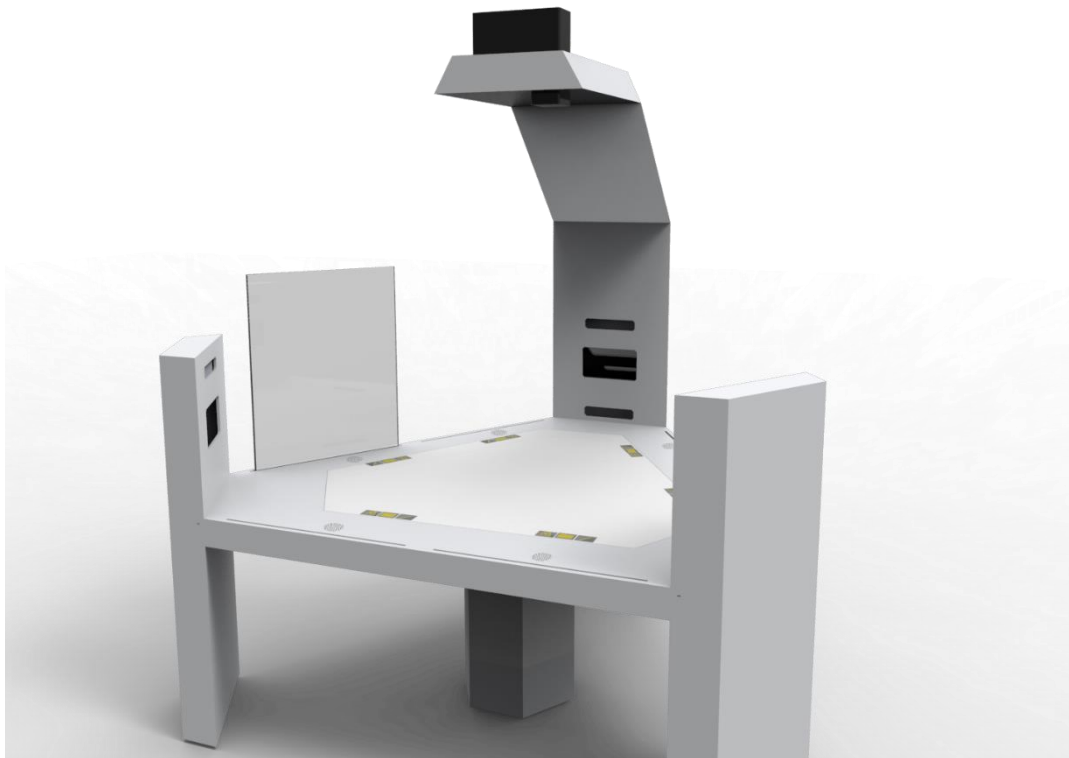
Na een paar ideeën die uiteindelijk of niet haalbaar bleken of teveel leken op het prototype, is er gekeken naar welke tafelvormen geschikt zouden kunnen zijn voor het uiteindelijke concept. Een driehoekige tafel blijkt de beste vorm te zijn. Het uiteindelijke concept is een driehoekige tafel met afgestompte hoeken en een touchscreen.

Conceptuitwerking

5. Eindconcept

Het eindconcept ziet eruit zoals te zien is in afbeelding 5.1. Het is een driehoekige tafel met afgestompte hoeken. Aan elke kant is plek voor twee personen, er is dus plaats voor maximaal zes personen. De tafel kan zowel lokaal als op afstand gebruikt worden, er kunnen dus zes personen tegelijk aan één tafel zitten, maar er zal dan niet op afstand kunnen worden gewerkt.

De gebruikers worden geprojecteerd op een transparant projectiescherm, die uit de tafel komt zodra daar iemand zal worden geprojecteerd en weer in de tafel gaat wanneer dat niet meer het geval is.



afbeelding 5.1 – *Eindconcept*

De grootste aanpassing ten opzichte van het oude prototype is dat er een touchscreen is toegevoegd. Dit touchscreen moet alle taken overnemen die eerder werden gedaan door middel van het filmen en projecteren van het tafeloppervlak. Dit betekent dat er via het touchscreen bestanden uitgewisseld kunnen worden als zijnde een papier op een tafel.

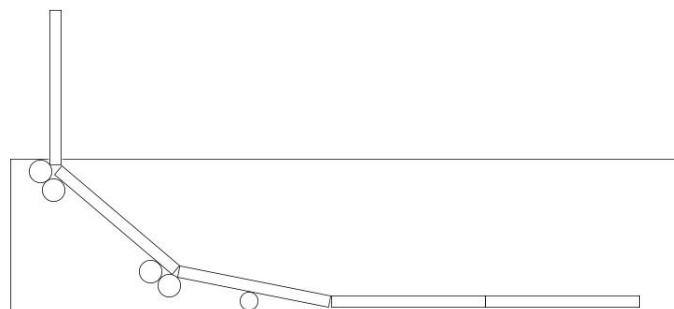
Er is voor gekozen om het filmen en projecteren van de armen ook weg te laten. Dit komt voor een groot deel doordat het heel erg knutselen was om te voorkomen dat er een droste-effect ontstond op de tafels. Dit kon eventueel voorkomen worden door de armen te filmen met een dieptecamera, maar de afstand tussen de armen en het tafeloppervlak zouden te klein zijn om de armen te kunnen extracten. Hoewel dit wat af kan doen aan de immersie, kunnen de gebruikers nog wel bestanden zien verschuiven op de tafel en ze kunnen de persoon zien die de bestanden verschuift. Deze twee factoren samen moeten de gebruikers toch het idee geven dat ze echt met andere personen aan tafel zitten.

In de komende hoofdstukken zal er per onderdeel worden uitgewerkt wat de mogelijkheden waren en wat voor keuzes er zijn gemaakt om te komen tot dit eindconcept.

6. Projectiescherm

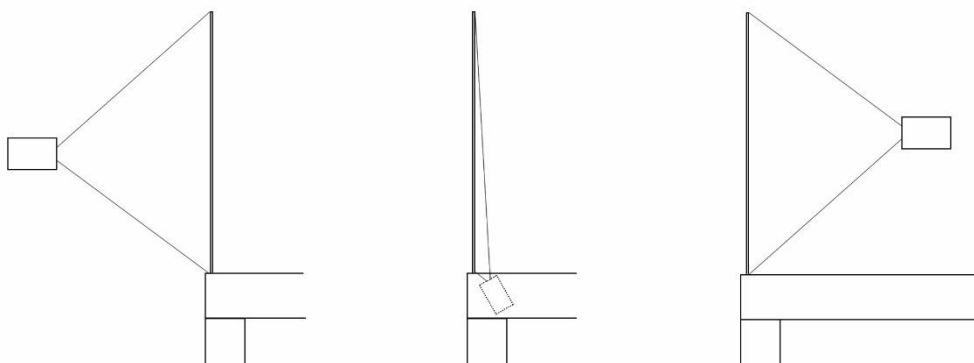
Het gebruikte projectiescherm in het oude prototype voldeed niet volledig aan de eisen. De projectie was niet heel goed en ook de transparantie valt tegen. Daarnaast viel het heel erg op dat er een doek hing. Voor de immersie is het belangrijk dat het projectiescherm zo min mogelijk opvalt. Er zal een compromis moeten worden gevonden tussen een goede projectie en een transparant projectieoppervlak. Er zijn verscheidene projectiefolies verkrijgbaar die precies dit doen. Deze projectiefolies zijn volledig transparant en moeten op een stevige ondergrond (glas, kunststof) worden geplakt. Zonder ondergrond is het heel lastig om de folie goed strak te houden. Als de folie niet goed strak is betekent dit dat er veel vervormingen zijn in de projectie. Wanneer er op het scherm wordt geprojecteerd, zal de projectie volledig te zien zijn zonder enige transparantie. Dat betekent in dit geval dat de persoon goed te zien zal zijn en de rest van het scherm transparant is.

Omdat de folie op glas of een transparant plastic moet worden geplakt, kan het scherm niet uitgerold worden. Een mogelijke oplossing is om de schermen ergens bij de tafel te bewaren zodat een gebruiker de schermen kan plaatsen op de daarvoor bestemde plekken wanneer deze elders gebruikt worden. Het is echter wenselijk dat de gebruiker zo min mogelijk interactie heeft met de tafel. Het scherm zou daarom in stukken kunnen worden opgedeeld en op deze manier in de tafel worden geplaatst zodat deze, wanneer hij gebruikt moet worden, uit de tafel wordt gerold (zie afbeelding 6.1). Dit gebeurt door middel van een telescopische stang die het scherm omhoog en omlaag kan trekken. Een nadeel is hieraan wel dat er hierbij waarschijnlijk spleten te zien zijn in het scherm. Het is echter wel de beste oplossing bij het gebruik van transparante projectiefolie zonder dat er input van de gebruiker nodig is.



afbeelding 6.1 – uitrolbaar projectiescherm

Wanneer de schermen staan, moet er op geprojecteerd worden. Hiervoor zijn verschillende methodes: er zou van achteren, van onderen (onder een grote hoek) of van voren worden geprojecteerd (zie afbeelding 6.2).

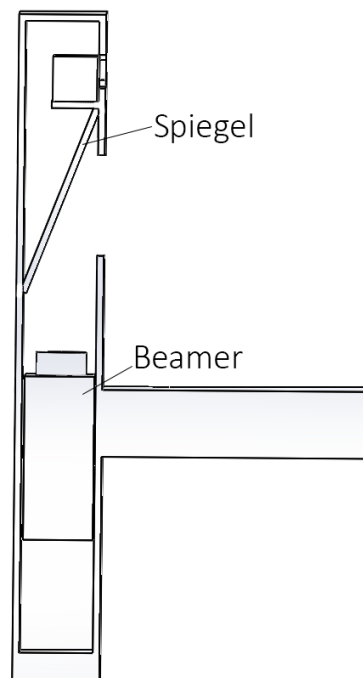


afbeelding 6.2 – respectievelijk projectie van achteren, onderen en voren

Wanneer er van achteren wordt geprojecteerd, zal de projector van de tafel af moeten staan. Omdat het de bedoeling is dat de apparatuur zoveel mogelijk, liefst alles, in de tafel zelf wordt verwerkt, is dit geen optie.

Van onderen projecteren was ook een mogelijkheid. Dit betekent dan dat de projector in de tafel zit verwerkt en deze al dan niet via het gebruik van een spiegel op het scherm projecteert. Er zijn verschillende oplossingen hiervoor gemaakt. Na wat testen met verschillende projectoren bleek echter dat dit toch geen rendabele optie. Door de te grote hoek is er teveel beeldvervalsing, het zogenaamde keystone-effect. Hoewel dit in een beamer meestal nog wel aan te passen is, is het in dit geval teveel om een goed beeld te verkrijgen. Daarnaast zou de beamer in de tafel moeten worden verwerkt, waar eigenlijk geen plaats voor is.

Projecteren van voren blijkt dan de beste optie. Omdat het tafelblad groot is, kan er een beamer aan de andere kant van de tafel staan om op het scherm te projecteren. Om de beamer mooi in de tafel te verwerken is ervoor gekozen om de poten van de tafel te verlengen en er een pilaar van te maken. De beamer bevindt zich dan verticaal binnen deze pilaar en door middel van een spiegel wordt het beeld geprojecteerd op het scherm (zie afbeelding 6.3).



afbeelding 6.3 – *beamer in pilaar*

Om de gebruikers te filmen, moet een dieptecamera worden gebruikt. Hiermee kunnen personen worden herkend en zo worden gefilterd uit de omgeving. De personen kunnen dus uit hun eigen omgeving gefilterd worden om zo in een andere omgeving geprojecteerd te worden. Er zijn verschillende dieptecamera's op de markt, waarbij de Kinect van Microsoft waarschijnlijk het bekendst is. Er zijn andere dieptecamera's op de markt, zoals de Intel RealSense, de Creative Sens3D en de SoftKinetic DS525. Die camera's hebben echter een laag bereik; ze kunnen beiden niet verder zien dan ongeveer 1 meter. De Kinect 2 van Microsoft is uiteindelijk de beste optie gebleken. Deze heeft wel een groot bereik en tevens een hoge resolutie. In bijlage A zijn de specificaties te vinden van alle vier benoemde camera's.

De tafel gebruikt drie van deze camera's, in elke pilaar staat er eentje. Er wordt dus één camera gebruikt om twee personen te kunnen filmen. De Kinects worden geplaatst op ooghoogte om ervoor te zorgen dat de gebruikers elkaar onder een goede hoek kunnen zien, recht van voren.

Ondanks dat de gebruikers de camera niet meer in hun gezichtsveld hebben, zal deze zoveel mogelijk verborgen worden in de pilaar.

Conclusie

Het transparante projectiescherm zal uit de tafel verschijnen zodra deze plek op een andere locatie gebruikt wordt. Door middel van twee telescopische stangen zal deze omhoog worden getrokken. Een beamer in de pilaar tegenover het scherm, zal de gebruikers vervolgens projecteren op het scherm.

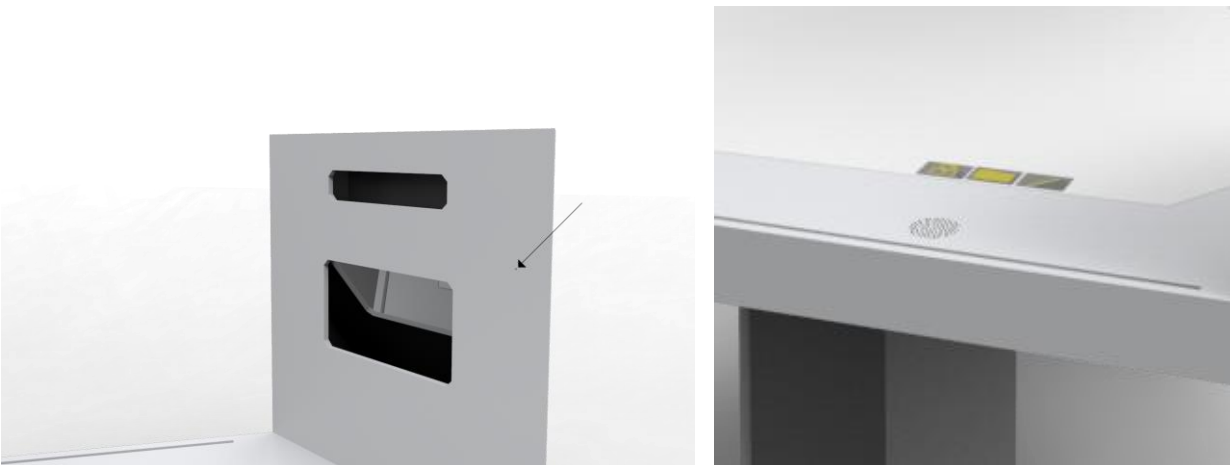
7. Geluid

Bij de tafel is het horen van andere gebruikers, dus de verbale communicatie, ook belangrijk. Het is dus van belang dat de tafel moet kunnen ondersteunen dat 1) de stem van de gebruikers wordt opgenomen door middel van een microfoon en 2) dat deze stem bij een andere tafel te horen is door middel van een luidspreker.

Voor optimale immersie en locatiebepaling, is het belangrijk dat de stem van een geprojecteerde gebruiker, te horen is bij die projectie. De luidspreker mag dus niet te ver van de gebruiker afzitten. Daarnaast moet het voor de andere gebruikers wel goed te horen zijn.

Doordat alle gebruikers elkaar moeten kunnen horen, is het mogelijk dat er echo's optreden. De microfoon kan dan het geluid van de luidspreker oppakken, wat resulteert in een echo. Er moet dus voor gezorgd worden dat de luidspreker en microfoon niet te dicht bij elkaar geplaatst worden en dat de microfoon bepaalde geluiden moet kunnen filteren.

De microfoon zal in de pilaar naast de gebruikers worden geplaatst op mondhoogte. Op deze manier kan de microfoon dichtbij de monden zitten van de gebruikers en zal het geen moeite hebben om de stemmen op te nemen. In afbeelding 7.1 is de plaatsing te zien van de microfoon.



afbeelding 7.1 – respectievelijk de microfoon en de luidspreker

De luidspreker zal in het tafelblad geplaatst worden. Om ervoor te zorgen dat elke gebruiker zijn eigen bron van geluid heeft, zal er bij elke zitplek een luidspreker worden geplaatst, zoals te zien in afbeelding 7.1. Deze zit voor het projectiescherm zodat er niks in de weg zit van het geluid.

Conclusie

Door een microfoon en luidspreker bij elke zitplek toe te voegen, kan van elke gebruiker het stemgeluid worden opgenomen en bij een andere tafel worden afgespeeld. De plaatsing van de luidsprekers moet er voor zorgen dat het voor de andere gebruikers meteen duidelijk is wie er praat.

8. Touchscreen

Door middel van het touchscreen moet het voor de gebruikers mogelijk worden om bestanden zoals foto's, 3D-modellen en tekstdocumenten met elkaar uit te wisselen.

Een scherm in het tafelblad plaatsen was niet de oplossing. Het was wel mogelijk geweest een rechthoekig scherm te plaatsen, maar dat scherm had dan niet heel groot kunnen zijn en niet alle gebruikers zouden dan even goed bij het scherm kunnen. Een scherm in een andere vorm is echter (nog) niet verkrijgbaar, dus in de vorm van het tafelblad zou niet gaan lukken. Mocht dit in de toekomst wel beschikbaar worden, dan zou dat de beste oplossing zijn.

Dan blijft nog het projecteren op het tafelblad over, waarbij projecteren van onderaf het meest gewenst is. Hierbij kan een beamer onder tafel op een semi-transparant oppervlak projecteren, waardoor dit goed zichtbaar wordt van bovenaf. Door de kleine afstand en het grote tafelopervlak, is er een ultra short-throw beamer nodig om op het hele tafelblad te projecteren. Er is op verschillende manieren geprobeerd om te kijken of dit kan werken, maar helaas was dit niet mogelijk tenzij de projector buiten de tafel zou staan. Dit zou betekenen dat er of een beamer ergens naast de tafel op de grond moet worden gezet of dat er een platform onder de tafel moet worden gebouwd waar een projector in zit. Beide opties zijn niet gewenst.

Omdat een scherm niet mogelijk was, net zoals het projecteren van onderaf, bleef er maar één optie over: een projector hangen boven de tafel. Hoewel dit ook geen gewenste optie is, was het de enige mogelijkheid die overbleef en uitvoerbaar was. Het hangen van de beamer boven de tafel betekent dat er een constructie gemaakt moest worden om de beamer in te hangen. Hoewel deze bijvoorbeeld ook aan een plafond bevestigd zou kunnen worden, is het idee van één volledige tafel dan weg. Vandaar dat er voor is gekozen om een pilaar te verlengen (zie afbeelding 8.1). De projector kan hierin geschoven worden zodat deze stevig vastzit.



afbeelding 8.1 – *de verlengde pilaar met beamer*

De tafel 'touch-baar' maken kan op een aantal manieren. Omdat er geen scherm beschikbaar is, zal er een andere methode moeten worden gebruikt om een touchscreen te creëren. De eenvoudigste manier bleek om het programma Touchless Touch te gebruiken. Dit programma werkt samen met een Kinect om een oppervlak, in dit geval het tafelblad, om te zetten in een touchscreen. De Kinect kan aan de rand van de tafel te plaatsen en is vervolgens met het programma te kalibreren. Hiermee worden zogenaamde touchpunten toegevoegd op het tafelloppervlak. Na het kalibreren is het programma klaar voor gebruik.

De Kinect die hiervoor wordt gebruikt zal ook in een pilaar worden geplaatst, ter hoogte van het tafelblad (zie afbeelding 8.2).



afbeelding 8.2 – *de pilaar met plek voor een Kinect*

Conclusie

Doordat andere opties geen mogelijkheid waren, zal er een beamer boven het tafelblad worden gehangen om het touchscreen te projecteren. Door middel van een Kinect en het programma Touchless Touch zal de tafel daadwerkelijk worden omgezet in een touchscreen.

9. Afmetingen

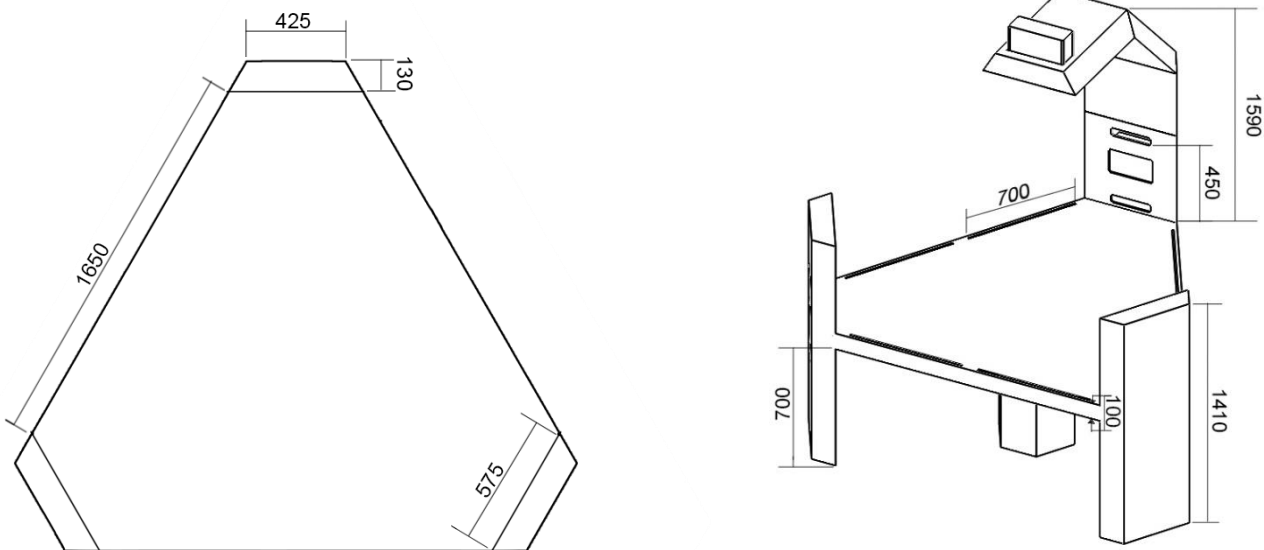
Om praktische redenen zijn er bepaalde maten afgenomen uit de ergonomische database van de Universiteit Delft (DINED)[6]. Hierdoor kan bepaald worden hoe hoog de Kinect moet staan om op ooghoogte te kunnen filmen, kan er gemeten worden hoe hoog het tafelblad moet zijn en kan gemeten worden hoe hoog en hoe breed het projectiescherm voor de projecties van de gebruikers moeten zijn. Bij de maten is uitgegaan van de gemiddelde persoon (man en vrouw) tussen de 20 en 60 jaar.

Dit zijn de belangrijke afmetingen:

- Heuphoogte bij zitten: 612 mm
- Ooghoogte bij zitten: 1265 mm
- Lengte van het bovenlichaam: 762 mm
- Schouderbreedte: 445 mm

Omdat de gebruikers nog bewegingsruimte nodig hebben op het projectiescherm, is er besloten om deze 700 mm breed te maken. De hoogte van dit scherm zal 800 mm worden.

De volledige afmetingen van de tafel zijn te zien in afbeelding 9.1.



afbeelding 9.1 – afmetingen tafelblad en tafel

10. Interface

De interactie met de tafel van de gebruikers is een zeer belangrijk element van de tafel. Wat betreft de interface kan er onderscheid worden gemaakt tussen de interface van de tafel en de user interface van het touchscreen.

Voor de interface is het belangrijk dat de gebruiker niks fout kan doen, de interactie moet daarom ook tot een minimum beperkt worden. Tevens helpt dit het idee dat de tafel slechts een middel is en niet teveel mag opvallen. Voor het ontwerpen van de interface is een losse Capita Selecta uitgevoerd, deze is te vinden in bijlage B. Uit dat stuk zijn eisen gekomen voor de interface, die hier uitgewerkt zullen worden.

Interactie met de tafel

- **De tafel moet op stand-by staan als deze niet wordt gebruikt.** Om te voorkomen dat de tafel constant aanstaat, zal de tafel na een bepaalde tijd niet in gebruik te zijn geweest, op stand-by gaan.
- **De tafel moet automatisch aangaan wanneer een persoon plaatsneemt.** De tafel komt weer uit de stand-by zodra een gebruiker aan de tafel plaatsneemt.
- **De schermen moeten automatisch tevoorschijn komen.** Omdat er ook lokaal samengewerkt kan worden, zal het projectiescherm moeten kunnen verdwijnen en weer tevoorschijn komen. Om te voorkomen dat hiervoor menselijke input voor nodig is, zal dit automatisch gebeuren.
- **De tafel moet standaard op lokale samenwerkingsmodus staan.** Om misverstanden te voorkomen, zal de tafel standaard op lokale modus staan.
- **Het moet mogelijk zijn om te switchen tijdens het werken.** Gebruikers moeten zelf kunnen switchen tussen lokale- en afstandsmodus, ook tijdens het werken aan de tafel.

Voor de interactie met de tafel is ervoor gekozen om de interactie minimaal te houden. De aangesloten apparaten zullen zoveel mogelijk het werk uit de handen van de gebruikers houden.

Er is voor de interface gekozen om het op te delen in twee delen. Het eerste deel is de interactie met de tafel zelf, dit houdt in: het aangaan van de tafel en het tevoorschijn komen van de projectieschermen. Omdat de interactie met de tafel tot een minimum moet worden gehouden, zal de tafel vanzelf aangaan wanneer er iemand plaatsneemt. In afbeelding 10.1 is te zien hoe het geheel geautomatiseerd zou moeten werken.



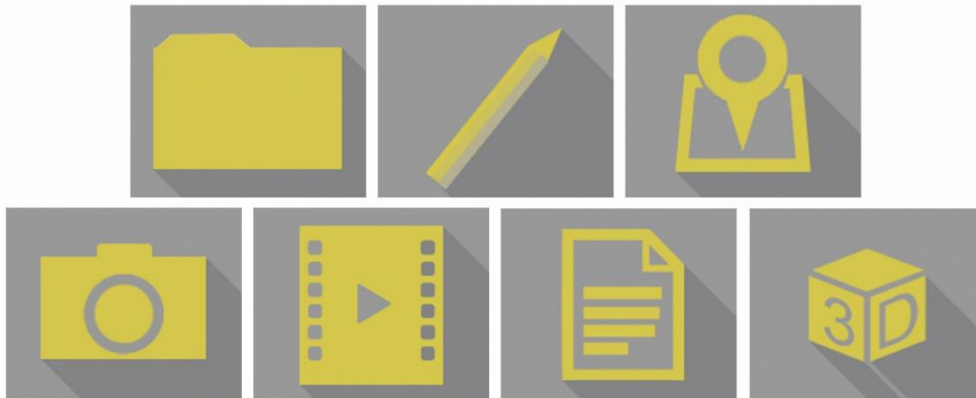
afbeelding 10.1 – automatisering tafel

Touchscreeninterface

Bij de user interface (UI) van het touchscreen is het belangrijk dat iedereen in staat moet kunnen zijn om te gebruiken. Hieronder zijn de eisen uit de Capita Selecta (bijlage B) te zien, met een korte uitleg erbij:

- **Functies moeten duidelijk weergegeven worden.** Alle functies moeten zichtbaar zijn voor elke gebruiker. Ze mogen dus niet in een hoekje weggestopt worden of klein worden weergegeven.
- **Functies moeten zoveel mogelijk op één plek worden weergegeven.** Om te voorkomen dat de interface een doolhof wordt van opties en functies, moet alles op een duidelijke plek worden weergegeven
- **Bestanden moeten worden geopend in windows.**
- **Bij het indrukken van een knop moet er visuele feedback worden gegeven.** De gebruiker moet kunnen zien wanneer een actie die is ingevoerd, ook daadwerkelijk is doorgekomen. Door bij een digitale knop bijvoorbeeld een animatie uit te voeren wanneer deze wordt ingedrukt, weet de gebruiker dat de actie is doorgekomen.
- De gebruiker moet gebruik kunnen maken van de volgende functies:
 - **Het openen van bestanden.** De gebruiker moet op de een of andere manier de bestanden kunnen zien die geopend kunnen worden op het touchscreen.
 - **Het verslepen van bestanden op de tafel.** Door de geopende bestanden op tafel als een digitaal 'papier' te beschouwen, moeten deze ook naar medegebruikers geschoven kunnen worden.
 - **Het vergroten en verkleinen van geopende bestanden.** Omdat niet alle gebruikers evengoed kunnen zien, moeten de windows vergroot en verkleind kunnen worden.
 - **Het selecteren van een digitaal 'potlood' en het gebruiken daarvan.** Het digitale potlood kan worden gebruikt om aantekeningen te maken bij bepaalde bestanden of om dingen aan te wijzen op de tafel.
 - **Het switchen van lokaal-/afstandsmodus.** De gebruiker moet in staat kunnen zijn om tijdens het werken te kunnen switchen naar lokale- of afstandsmodus.
- **Er moeten duidelijke iconen worden gebruikt voor het starten van de verschillende functies.** Door bekende en reeds ingeburgerde iconen te gebruiken moet elke gebruiker in principe het touchscreen kunnen bedienen.
- **Het moet voor de gebruikers duidelijk zijn dat de knoppen kunnen worden ingedrukt.**

Het touchscreen heeft de vorm van de tafel. Er zijn dikke randen overgebleven zodat gebruikers hun laptops, notitieblokken en dergelijke daar kunnen plaatsen. De interface zelf telt, per gebruiker, drie knoppen: één voor het openen van bestanden, één voor het gebruiken van de pencil, en één om te switchen van lokale naar afstandsmodus of andersom. De knoppen met bijbehorende iconen zijn te zien in afbeelding 10.2. De knoppen voor lokale modus of afstandsmodus worden wel met tekst aangeduid omdat dit geen normale keuzes zijn waarvoor een bekend icoon beschikbaar is.

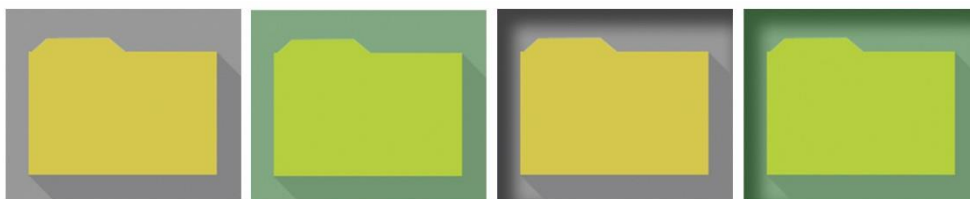


afbeelding 10.2 – respectievelijk de knoppen voor het openen van de bestanden, de pencil, de locatiekeuze, afbeeldingen, video's, tekstdocumenten en 3D-modellen

Openen van bestanden

Om bestanden op het touchscreen te kunnen openen, moeten er eerst bestanden worden toegevoegd. Bij elke zitplek zal een usb-ingang beschikbaar zijn waar de gebruiker een usb-stick of externe harde schijf in kan plaatsen. Daarnaast is het ook mogelijk bestanden uit de cloud te halen. De computer herkent de bruikbare bestanden en categoriseert ze naar afbeelding, video, tekst of 3d-model.

Op het touchscreen kan vervolgens gekozen worden om de bestanden te openen. Op de knop hiervoor staat een map-icoon (zie afbeelding 10.2). Dit icoon wordt op elk apparaat en besturingssysteem gebruikt voor deze actie. Voor de gebruikers is het dus duidelijk dat ze met een druk op die knop de bestanden kunnen openen. Bij het aanraken van een knop, wordt deze groen getint, om aan te geven dat het touchscreen doorheeft dat die knop wordt aangeraakt. Als de knop geactiveerd heeft, zal het ook lijken alsof deze fysiek is ingedrukt. De verschillende toestanden van de knop zijn te zien in afbeelding 10.3.



afbeelding 10.3 – verschillende toestanden van een knop

Als de map-knop is ingedrukt, verschijnen er vier andere knoppen die elk een soort bestand representeren. Wanneer een van deze geselecteerd wordt, verschijnt er een galerij, waarin gebruikers door de bestanden heen kunnen swipen (afbeelding 10.4). Door het bestand te slepen uit deze galerij, of door erop te drukken, wordt deze in een window geopend op de tafel.



afbeelding 10.4 – een galerij met bestanden

De windows die geopend zijn, kunnen worden verslept, gedraaid en vergroot/verkleind. Deze acties kunnen allemaal worden gedaan door bepaalde bewegingen.

- **Verslepen.** Op de window drukken en de vinger bewegen. De window beweegt mee en krijgt een bepaalde snelheid. Wanneer de vinger losgelaten wordt verliest de window langzaam deze snelheid. Dit is in principe hetzelfde als een papier over een tafel naar iemand anders slepen.
- **Draaien.** Door meerdere vingers op de window te leggen en deze ten opzichte van elkaar te draaien, draait de window mee.
- **Vergroten/verkleinen.** Door met twee vingers of twee handen de window vast te pakken en deze uit elkaar te bewegen om de window groter te maken en naar elkaar toe bewegen om de window kleiner te maken.

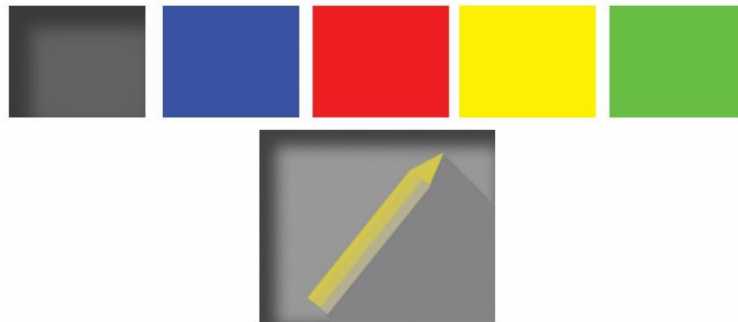
Deze bewegingen worden al gebruikt bij elk ander touchscreen en zijn zeer intuïtief.

Om een bestand te sluiten zal een kruis bij de rechterbovenhoek worden toegevoegd. Wanneer er hierop gedrukt wordt, zal de window gesloten worden.

Pencilfunctie

De pencilfunctie zal kunnen worden gebruikt om aantekeningen te maken, dingen te onderstrepen of te omcirkelen en wat er nog meer met een potlood gedaan kan worden. Het idee is dat het gebruikt kan worden als zijnde een potlood op papier. Tevens kan hierdoor het touchscreen worden gebruikt als whiteboard.

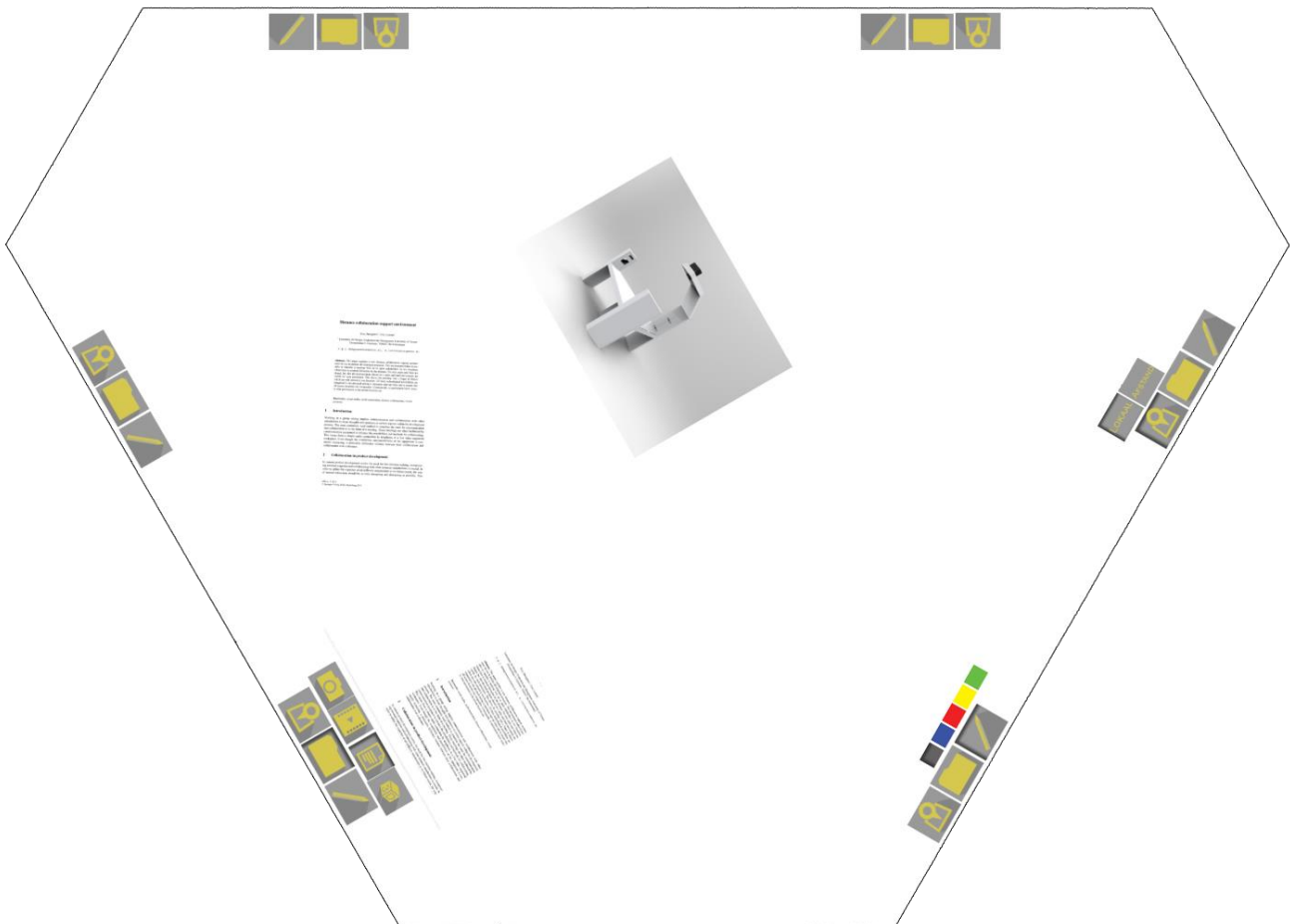
Om de pencilfunctie te starten dient er op deze knop worden gedrukt. Vervolgens kan de functie direct gebruikt worden door met een vinger op het touchscreen te bewegen. De standaardkleur die hiervoor wordt gebruikt is zwart, gebruikers zullen andere kleuren kunnen kiezen. De andere kleuren zijn rood, blauw, groen en geel. De kleurkeuzemenu zal te zien zijn zodra de pencilfunctie wordt geactiveerd. De gehele pencilfunctie is te zien in afbeelding 10.5.



afbeelding 10.5 – *de pencilfunctie*

Volledige interface

De volledige interface bestaat uit een wit vlak in de vorm van de tafel. Bij elke zitplek zijn altijd de file-browser knop, de pencilknop en de locatieknop te zien. De totale interface is te zien in afbeelding 10.6.



afbeelding 10.6 – *de totale interface*

11. Prototype

Om de werking van het concept te testen, is er een prototype gemaakt waarmee alle technologische onderdelen van de tafel kunnen worden getest. Het prototype is dus niet gemaakt als zichtmodel, maar als een functioneel model.

Er is één prototype gemaakt voor het testen. Er kan dus slechts lokaal worden samengewerkt en de persoon aan de tafel wordt gefilmd en geprojecteerd aan dezelfde tafel.

Er is een bouwmodel ontworpen welke de volgende functies zou moeten kunnen uitvoeren. Deze functies zijn:

- Het filmen en projecteren van een persoon aan de tafel
- Het projecteren van het touchscreen
- Het creëren van een touchscreen

De volledige tafel

Voordat de tafel werd gebouwd, is er eerst een 3d-model van gemaakt. Een render hiervan is te zien in afbeelding 11.1. Dit is vooral handig om de afmetingen te vinden van alle benodigde balken en geeft een houvast waar naartoe gewerkt kan worden. Omdat er een beamer boven de tafel kwam te hangen, moest er een stevige constructie gemaakt worden die de beamer kon houden. In eerste instantie werd gewerkt aan een soort galgconstructie. Omdat dit toch teveel op een galg leek, is ervoor gekozen om toch voor een wat subtielere optie te gaan (zie afbeelding 11.2). Deze oplossing geeft evenveel stevigheid en is wat aantrekkelijker.



afbeelding 11.1 – render bouwmodel



afbeelding 11.2 – *de eerste ophangmethode en de uiteindelijke oplossing*

Er werd gekozen om de tafel volledig van hout te vervaardigen. Hierdoor konden er nog eventueel dingen aangepast worden die uiteindelijk toch geen goed idee bleken te zijn.

Tafelblad

Voor het tafelblad moesten twee planken worden gebruikt omdat de beschikbare planken niet groot genoeg waren. Het originele idee was om de planken aan elkaar te zetten de lijn te vullen met plamuur om er vervolgens overheen te verven. Het probleem was dat die spleet tussen de twee planken uiteindelijk wel weer zichtbaar zou worden. Het volgende idee was om het tafelblad te bespannen met een doek of een folie. Op deze manier is die spleet niet meer zichtbaar en hoeft er niet meer geverfd te worden. Een goed doek was lastig te vinden, vooral omdat deze minstens 2,2 meter breed moest zijn. Uiteindelijk is er een PVC-doek gevonden die zeer geschikt bleek hiervoor. Het was goed te bespannen en de projectie erop is zeer goed te zien.



afbeelding 11.3 – *het tafelblad en de regel voor het ophangen van het projectiescherm*

Projectiescherm

Het projectiescherm is een stuk transparante projectiefolie die geplakt is op een transparante kunststof plaat. Deze plaat is 3 millimeter dik zodat het scherm stevig is en er geen vervormingen in komen, dus ook niet in het geprojecteerde beeld. Om het scherm op te hangen, is één tafelpoot wat

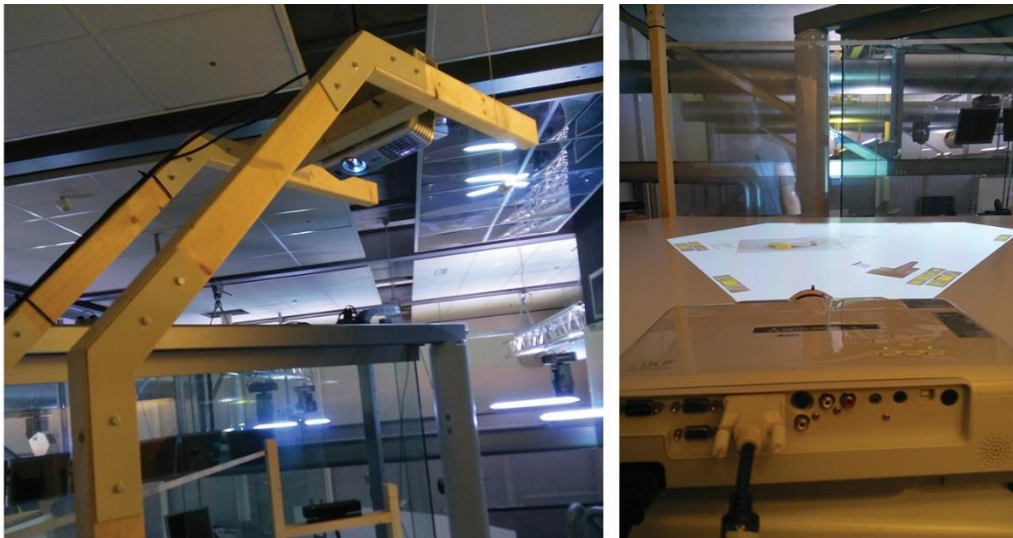
langer gemaakt en is er vervolgens een regel gelegd tussen twee poten (zie afbeelding 11.3). Deze regel is stevig genoeg om het scherm te houden. Om het scherm helemaal recht te houden zijn er aan de onderkant van de tafel nog twee L-stukken geplaatst die het scherm ook nog vasthouden.

Hardware

De hardware die is gebruikt, was al aanwezig in het vr-lab. In totaal worden er twee computers gebruikt, een Kinect 1, een Kinect 2 en twee projectoren, een BenQ W1080ST en een Mitsubishi WD510U.

Om op de tafel te projecteren werd in het begin voor een andere beamer gekozen omdat deze in staat was om vanaf ongeveer 1,5 meter hoogte een beeld te projecteren wat even groot was als de tafel. Helaas bleek deze beamer niet boven de tafel te kunnen worden gehangen en had deze een te lage resolutie. Vervolgens is de BenQ daar gehangen. Deze heeft een hogere resolutie waardoor alles er veel scherper uitziet en tevens lukt het met deze beamer ook om op een groot deel van de tafel te projecteren.

De BenQ was eerder bedoeld om de personen mee te projecteren op het transparante scherm, vooral door de sterke lamp die erin zit. De Mitsubishi is hier uiteindelijk voor gebruikt. Deze doet zijn werk goed, al kan hij niet het hele scherm bedekken door de kleine afstand tussen deze beamer en het projectiescherm. In afbeelding 11.4 zijn beide beamers bij de tafel te zien.



afbeelding 11.4 – respectievelijk de beamer boven de tafel en de beamer voor het projectiescherm

Om van de tafel een touchscreen te maken, wordt een Kinect 1 gebruikt. Middels het programma Touchless Touch wordt het oppervlak omgezet in een touchscreen.

De Kinect 2 wordt gebruikt om de gebruiker te filmen. In afbeelding 11.5 zijn beide Kinects te zien op de tafel



afbeelding 11.5 – respectievelijk de Kinect 2 voor het filmen van de gebruiker en de Kinect 1 voor het omzetten van het tafelloppervlak naar een touchscreen

Voor het gebruiken van alle hardware worden er twee computers gebruikt. Op één computer zit de Kinect 1 en de BenQ aangesloten. Deze moet dus alles regelen wat betreft het touchscreen. De tweede computer stuurt de Kinect 2 en de Mitsubishi aan.

Software

Voor het creëren van het touchscreen is, zoals eerder vermeld, Touchless Touch gebruikt.

De interface van het touchscreen is gemaakt met Intuiface. In dit programma is een mock-up gemaakt van hoe de interface er uit moet komen te zien. Er kunnen afbeeldingen, video's, tekstdocumenten en 3d-modellen in worden geopend in windows. Deze kunnen versleept, vergroot/verkleind en gedraaid worden. Dat werkt dus net zoals de echte interface ook zou moeten gaan werken. De andere onderdelen van de interface, de locatie-knop en de pencil kunnen wel ingedrukt worden worden maar er gebeurt verder niks mee.

Omdat het programma Personify, wat bij het eerdere prototype werd gebruikt, niet meer werkte met de Kinect, is een ander programma gebruikt. Het programma dat wordt gebruikt voor het filmen van de gebruiker en het weghalen van de achtergrond, heet "Kinect Background Removal Tool". Dit is een open source tool die bewerkt kan worden in Visual Studio. Door een paar aanpassingen te maken is het gelukt om er een zwarte achtergrond in te plaatsen en in te zoomen op het camerabeeld, zodat de persoon 1 op 1 wordt geprojecteerd.



afbeelding 11.5 – *overzicht van het complete prototype*

Conclusie

Om te testen of alle technologische ideeën zouden werken, is er een prototype gemaakt. Met dit prototype kan getest worden of het touchscreen werkt en of het filmen en de projectie van de gebruiker goed werkt. Het complete prototype is te zien in afbeelding 11.5.

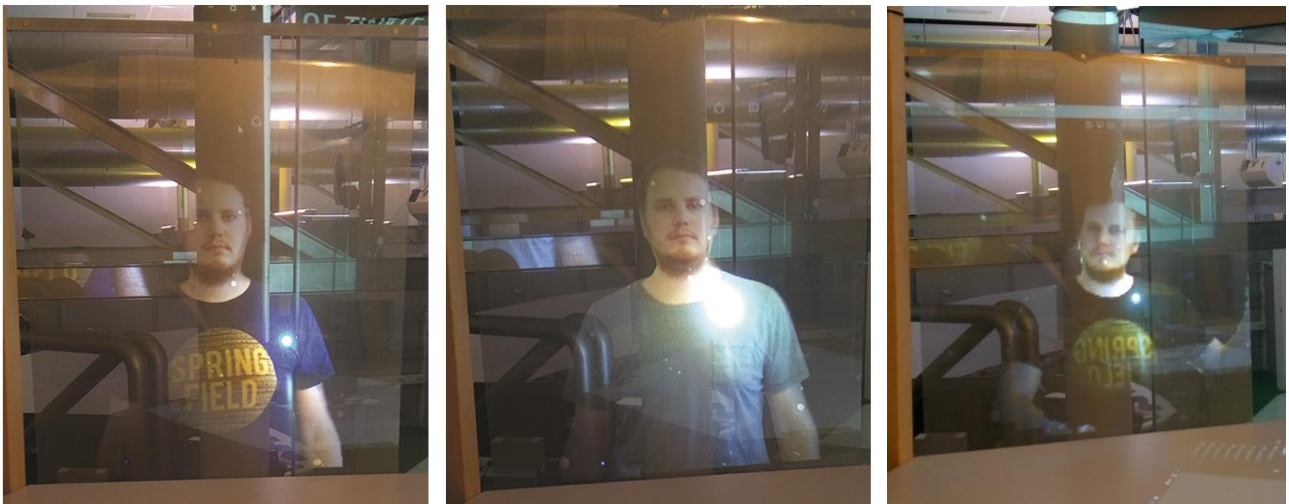
12. Test

Nadat het prototype gebouwd en alle apparatuur toegevoegd was, werd het tijd om te testen of alle ideeën van de tafel ook daadwerkelijk zullen werken.

Projectiescherm

De beamer is niet verticaal opgehangen aan de poten en er is ook geen spiegel gebruikt. De beamer staat op de tafel en gericht op het scherm. Dit moet hetzelfde beeld geven als de bedoelde manier. Wanneer er geprojecteerd wordt valt het direct op dat het scherm flink reflecteert: de reflectie van de beamerlamp is soms zichtbaar in het scherm, wat hinderlijk kan zijn. Het is daarentegen wel zo dat wanneer die reflectie zichtbaar is (dit is alleen op bepaalde plekken aan de tafel zo) de projectie zelf erg goed is. Hoe groter de afstand echter wordt naar het scherm, hoe slechter de projectie te zien is. Wel valt op dat aan de achterkant van het scherm, de projectie wel beter is te zien vanuit alle hoeken. Projectie van achteren werkt dus beter op dit scherm.

Het is nog steeds zo dat donkere kleding slecht zichtbaar is, echter is het niet zo dat er slechts een zwevend hoofd en armen te zien zijn. Om te testen hoe het er uitziet met verschillende kleding, zijn er foto's gemaakt waaruit de achtergrond handmatig is verwijderd, om deze vervolgens te projecteren. In afbeelding 12.1 zijn de foto's daarvan te zien.



afbeelding 12.1 – projecties op het transparante projectiescherm

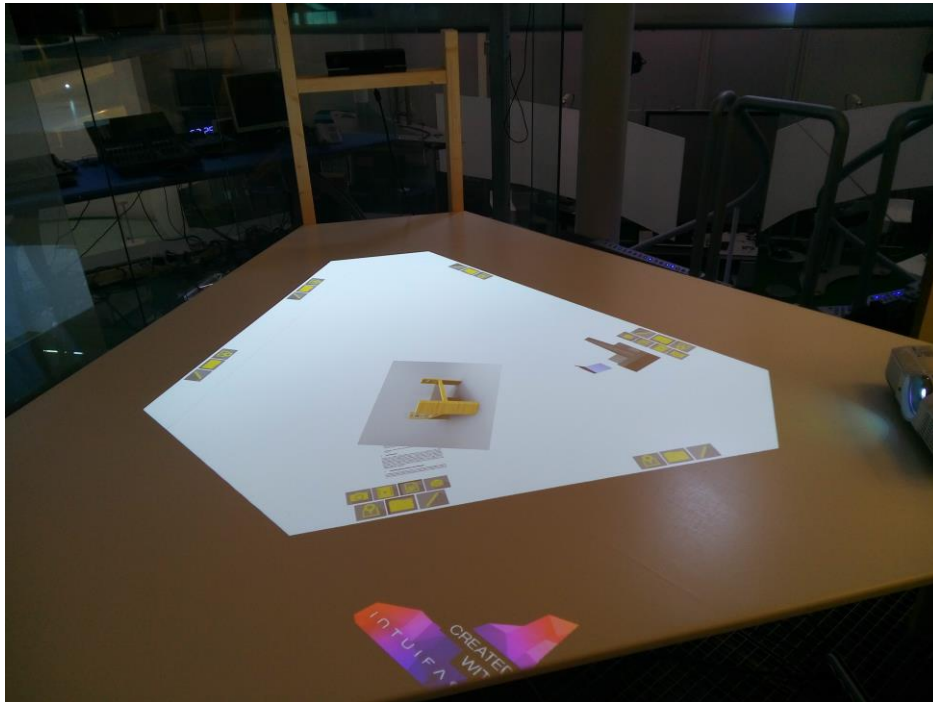
In afbeelding 12.1 is tevens een live-projectie te zien van wat de Kinect 2 heeft gefilmd. Helaas zijn er bij het gebruikte programma nog veel blokkerige artefacten te zien en is de gefilmde resolutie laag waardoor de projectie een lage kwaliteit heeft. Dit was echter het beste wat beschikbaar was om dit te testen.

Helaas heeft het scherm erg veel last van bleed-through, dit betekent dat een deel van de projectie ook door het scherm heengaat en op de objecten er achter geprojecteerd wordt. Tevens wordt een deel van de projectie gereflecteerd op het scherm, waardoor ook op de muur tegenover het scherm nog een (zwakke) projectie zichtbaar is.

Touchscreen

Het tafeloppervlak wordt door middel van Touchless Touch en een Kinect omgezet in een touchscreen. Dit programma kalibreert de tafel door de een vast aantal punten aan te laten wijzen op de tafel. Helaas werkt dit niet perfect en worden er nog veel fouten ontdekt. Zo worden er regelmatig 'ghost touches' ontdekt of reageert het soms helemaal niet. Daarnaast moet het programma nadat het is afgesloten steeds opnieuw gekalibreerd worden omdat de Kinect niet meer wordt gevonden. Het constant verwijderen en opnieuw installeren van de stuurprogramma's helpt, maar om dit steeds opnieuw te doen als de computer is opgestart werkt niet.

De projectie op het tafeloppervlak ziet er mooi uit. In afbeelding 12.2 is het tafeloppervlak te zien inclusief de projectie van de user interface.



afbeelding 12.2 – *tafelblad inclusief projectie*

Conclusie

Hoewel de geteste functies werken, werkt nog niet alles naar behoren. Het omzetten van het tafelblad naar een touchscreen werkt niet helemaal goed, er zijn veel aanrakingen die niet herkend worden of worden op een andere plek geregistreerd. De projectie op het transparante scherm is vanuit sommige hoeken goed zichtbaar, maar uit andere hoeken niet.

13. Conclusie en aanbevelingen

Het herontwerp van het oude prototype distance collaboration table is er zowel qua design, hardware als software op vooruitgegaan. Door een driehoekige tafel te creëren, kunnen er zes personen tegelijk samenwerken. Dit kan zowel lokaal als op afstand. De tafel is een coherent geheel geworden waarin alle hardware en software met elkaar samenwerken om een werkende tafel te krijgen. Doordat de tafel zowel lokaal als op afstand is te gebruiken, kan deze voor vele doeleinden gebruikt worden. Door het touchscreen kunnen gebruikers onder andere afbeeldingen en video's met elkaar uitwisselen en kunnen ze aantekeningen bij elkaar maken of dingen aanwijzen.

Het doel van deze opdracht was om het oude prototype te verbeteren op zowel design-, hardware- als software-niveau.

Het **design** van de tafel is er op vooruitgegaan. Het is een mooie, strakke en functionele tafel geworden die de gebruiker zo min mogelijk moet afleiden van waar het echt om gaat aan die tafel: het samenwerken.

De **hardware** is ook verder uitgewerkt, al waren er weinig echt technologische vooruitgangen die echt een groot voordeel konden leveren aan de tafel.

De **software** is verder verbeterd, al is het niet zelf ontwikkeld. Er is een hele interface gecreëerd die het de gebruiker makkelijker moet maken om de tafel te bedienen.

Aanbevelingen

Ondanks dat er veel dingen werken aan de tafel, zijn er ook nog dingen die niet werken of beter zouden kunnen. Hieronder is een lijst met aanbevelingen:

- Met de opkomst van Virtual Reality-brillen, en ook toekomstige Augmented Reality-brillen, kan het zo zijn dat uiteindelijk een betere oplossing zal zijn voor het samenwerken. Het is zeker aan te raden hier in de toekomst naar te gaan kijken als vervanging van het concept wat in dit verslag is uitgewerkt. Met name AR-brillen kunnen de distance collaboration table naar een hoger niveau wat betreft immersie tillen.
- Het projectiescherm blijkt een beter beeld te geven wanneer er van achteren geprojecteerd wordt. Dit betekent dat er of nog een andere optie moet worden gevonden voor het projectiescherm of dat de beamer toch buiten de tafel moet staan.
- In dit concept wordt het niet toegelaten dat twee gebruikers, op afstand, op dezelfde plek zitten. Hoewel dit bij een echte tafel ook het geval is, zou het toch wenselijk zijn als gebruikers op dezelfde plek kunnen zitten op de tafel, maar toch op een andere zitplek worden geprojecteerd. Hiervoor zal het touchscreen wel aangepast moeten worden omdat deze gebonden zit aan de zitplek en het voor elke tafel hetzelfde is.
- De tafel is uiteindelijk nog wel wat groot gebleken. Het kan handig zijn om te kijken of de tafel nog wat kleiner kan zodat de samenwerking wat intiemer wordt. Met een grotere tafel zitten de gebruikers nog vrij ver uit elkaar.

Referenties

- [1] Damgrave, R.G.J. & Lutters, E. "Distance Collaboration Support Environment". In: Smart Product Engineering. Springer Berlin Heidelberg, 2013, pp. 653–662.
- [2] Kusters, J. "Framework design for a distance collaboration support environment" (Afstudeeropdracht). Construerende Technische Wetenschappen, Universiteit Twente, Enschede
- [3] Anderson, A.H. et al. "Virtual team meetings: An analysis of communication and context". In: Computers in Human Behavior 23.5 (September 2007), pp. 2558–2580
- [4] Mehrabian, A. & Ferris, S.R. "Inference of attitudes from non verbal communication in two channels". In: Journal of Consulting Psychology 31.3 (1967), pp. 248–252.
- [5] Universiteit Delft (2015) DINED anthropometric database
Geraadpleegd op 23 maart 2016, van
<http://dined.io.tudelft.nl/en>

Bijlages

Bijlage A

Specificaties van de verschillende dieptecamera's

	MICROSOFT KINECT 2¹	CREATIVE SENZ3D²	INTEL REALSENSE SR300³	SOFTKINETIC DS525⁴
AFSTAND (M)	0,5-4,5	0,15-0,99	0,2-1,2	0,15-1,0
RESOLUTIE	1080p	720p	1080p	240p
FPS	30	30	30	30

^[1] Windows Dev Center, *Kinect Hardware*, geraadpleegd op: 8 maart 2016

<https://developer.microsoft.com/en-us/windows/kinect/hardware>

^[2] Creative, *Creative Senz3D*, geraadpleegd op: 8 maart 2016

<http://nl.creative.com/p/web-cameras/creative-senz3d>

^[3] Softkinetic, *DepthSense 525*, geraadpleegd op: 8 maart 2016

<http://www.softkinetic.com/Products/DepthSenseCameras>

^[4] Intel, *Intel RealSense Camera*, geraadpleegd op: 8 maart 2016

<https://software.intel.com/en-us/realsense/devkit>

Bijlage B

Interactie met de DCT

Capita Selecta

Ruben de Noord, s1014455

Om tot een goede interactie met de distance collaboration table te komen, moet er worden gekeken naar wat voor interactiemogelijkheden de tafel heeft en hoe deze opgelost kunnen worden. Dit zal worden gedaan aan de hand van Normans design principles (Norman, 1988) [1]. Norman heeft design principles opgesteld die aangeven waar tijdens een ontwerpproces allemaal rekening mee dient te worden gehouden. Deze design principles zijn zeer goed toepasbaar op het ontwerpen van een interface.

- **Visibility.** Hoe beter een functie zichtbaar is, hoe beter de gebruiker weet wat ze moeten doen. Wanneer een gebruiker de aanknop van een apparaat niet kan vinden, gaat er iets fout in het ontwerp.
- **Feedback.** Bij elke actie die de gebruiker doet, heeft deze feedback nodig om te weten of de ingevoerde actie doorgekomen is. Wanneer een gebruiker geen feedback krijgt, zal deze denken dat de actie niet gewerkt heeft en het opnieuw proberen. Denk bijvoorbeeld aan de knopjes bij een verkeerslicht. Meestal geven deze geen feedback op het indrukken van de knop, waardoor veel voetgangers/fietsers de knop meerdere malen indrukken terwijl de actie al bij de eerste keer was doorgekomen.
- **Constraints.** In hoeverre wordt de gebruiker gelimiteerd bij de interactie met een product.
- **Mapping.** De relatie tussen een besturing van iets en de relatie met dat ding. Een goed voorbeeld zijn de pijltjestoetsen op een toetsenbord. Het pijltje 'omhoog' staat boven de 'beneden' pijl rechts en links staan ook op die posities.
- **Consistency.** Het consistent zijn binnen een interface en verschillende interfaces. Alle auto's hebben bijvoorbeeld een 'stick' om de richtingaanwijzer aan te zetten. Wanneer een autofabrikant deze weg zou halen en er knopjes voor in de plaats zou doen, zou niemand meer weten hoe de knipperlichten moeten worden aangezet.
- **Affordances.** Een affordance verwijst naar een 'clue' in het design van een voorwerp dat aangeeft hoe het gebruikt dient te worden. Bijvoorbeeld: bij een deur met een hendel zal er worden verwacht dat er aan getrokken dient te worden, terwijl bij een deur met een platte balk of iets dergelijks zal er worden verwacht dat deze opgeduwd dient te worden.

Omdat er verschil zit tussen de fysieke interactie met de tafel en de user interface van het touchscreen, wordt er onderscheid gemaakt tussen twee verschillende interfaces:

- De interactie met de gehele tafel zelf
- De interactie met het touchscreen, dus de graphical user interface (GUI)

Uiteraard is het allemaal onderdeel van één tafel, maar een GUI heeft andere eisen nodig dan een fysieke interface.

Interactie met de tafel

Hieronder de punten waar interactie bij nodig zou kunnen zijn:

- **De tafel moet aan-en-uit gaan.** Voor stroombesparing is het gewenst dat niet alle apparaten constant aanstaan, er moet dus een oplossing worden gevonden voor hoe de tafel aan- en uitgezet kan worden.
- **De projectieschermen moeten tevoorschijn komen.** Omdat de tafel zowel lokaal als op afstand gebruikt kan worden, moeten de projectieschermen voor de personen op de een of andere manier tevoorschijn komen en weer verdwijnen. Hoewel dit ook een gevolg van interactie kan zijn, of helemaal geautomatiseerd wordt zodat er geen interactie nodig is, is het wel een onderdeel waarop besloten moet worden of er interactie nodig is en hoe dat dan in zijn werking zal gaan.
- **Het moet duidelijk gemaakt worden of de tafel zal worden gebruikt voor lokaal gebruik of gebruik op afstand.** Hoewel de tafel dit verschil moet minimaliseren is het ongewenst dat wanneer iemand lokaal aan de tafel wil werken, deze opeens bij een tafel op een andere locatie zal worden geprojecteerd.

Aangezien de tafel voor veel verschillende doeleinden gebruikt kan worden, zal de groep gebruikers ook heel breed worden. Daarom is ervoor gekozen om er vanuit te gaan dat de gebruiker geen of nauwelijks training nodig heeft om de tafel te kunnen gebruiken.

Wat betreft de gebruiker moet er dus van uit worden gegaan dat deze zonder enige ervaring de tafel eenvoudig kan bedienen. Om er achter te komen wat de beste oplossingen zijn voor de interface, zal er per onderdeel worden gekeken wat de mogelijkheden zijn op basis van Normans design principles.

De tafel moet aan-en-uit gaan

Omdat de tafel niet constant gebruikt zal worden, zal deze na gebruik uit moeten gaan en bij gebruik weer aangaan. Om verwarring te voorkomen, moet het voor de gebruiker direct duidelijk zijn hoe de tafel aangaat. Veel elektronische apparaten kennen een simpele aan-/uit-switch of –knop, dit zou ook op de tafel gebruikt kunnen worden. Echter zou dan de plaatsing van die knop lastig zijn, omdat de tafel groot is en er meerdere plekken zijn die gebruikt kunnen worden. Een oplossing kan zijn om bij elke zitplek een knop te plaatsen.

Een andere oplossing is om de tafel altijd aan te hebben, maar bij niet-gebruik in een stand-by stand te gaan. Hiermee wordt de opstarttijd voorkomen en kan de tafel meteen gebruikt worden, in plaats van dat gebruikers moeten wachten totdat ze gebruik kunnen maken van de tafel. Aangezien de tafel een groot touchscreen is, kan het handig zijn om te kijken naar hoe andere devices met een touchscreen, zoals een smartphone of een tablet, dit aanpakken. Ook deze apparaten staan vrijwel altijd op stand-by wanneer deze niet worden gebruikt. Het uit de stand-by halen kan met een druk op een knop, of, wat nu regelmatig wordt gebruikt bij smartphones, met behulp van een gesture zoals een dubbele tik op het scherm. Dit laatste is echter voor velen niet bekend en zonder enige aanwijzing of training zal het ook niet duidelijk zijn dat de tafel hierdoor kan worden aangezet.

Een andere mogelijkheid is het volledig automatisch aangaan van de tafel, bijvoorbeeld doordat een camera registreert dat er een persoon aan de tafel plaatsneemt. Op dat moment kan het touchscreen aangaan en weer uitgaan als de persoon weer van de tafel gaat. Dit automatisch aangaan kan ook door bijvoorbeeld een druksensor in de stoelen/krukken te plaatsen aan de tafel.

Als een persoon gaat zitten, wordt dat geregistreerd en gaat de tafel aan. Dit kan tevens helpen met het doorgeven van de bezette plaatsen.

Wat betreft constraints moet er voor worden gezorgd dat de gebruiker niet alle apparaten die worden gebruikt in de tafel handmatig aan hoeft te zetten, zodat er niet per ongeluk wat wordt vergeten. Er moet voor worden gezorgd dat er slechts één handeling uitgevoerd hoeft te worden om alles aan te zetten. De tafel kan dan ook als één apparaat worden gezien.

De beste oplossing voor dit probleem is om de Kinect wel constant aan te laten staan om de personen te detecteren. Wanneer er dan iemand plaatsneemt aan de tafel, wordt dit direct gedetecteerd. Zodra dit gebeurt, gaan de rest van de apparaten ook aan.

De tafel gaat weer op stand-by stand zodra er niemand meer wordt gedetecteerd en er een bepaalde tijd is verstreken, om te voorkomen dat wanneer iemand even weg is, de tafel meteen op stand-by gaat.

Conclusie:

- De tafel moet automatisch aangaan wanneer een persoon plaatsneemt
- De tafel moet op stand-by staan als deze niet wordt gebruikt

De schermen moeten tevoorschijn komen

Omdat de tafel ook gebruikt kan worden voor lokale samenwerking, moet er een manier zijn om de schermen waarop de personen geprojecteerd worden te laten verschijnen en weer kunnen verdwijnen. Omdat de gebruikte projectiefolie op een transparante plaat moet worden bevestigd, kan dit scherm dus niet worden opgerold. Door het automatisch laten uitrollen van een scherm, dus wanneer er een persoon aan een andere tafel heeft plaatsgenomen en heeft aangegeven om op afstand te willen samenwerken, kan er meteen worden aangegeven dat deze plek bezet is.

Een mogelijkheid is om de plaat in stukken op te delen en het scherm op zo'n manier in-en-uit te laten klappen. Deze kan dan vanuit de tafel tevoorschijn komen of van bovenaf. Het moet voor de gebruikers dan wel duidelijk zijn welke schermen er uitklappen om misverstanden te voorkomen. Dit kan bijvoorbeeld door een lichtje te branden zodra er iemand op die plek aan een tafel elders plaatsneemt.

Qua constraints moet er voor gezorgd worden dat de gebruiker hier zoveel mogelijk buiten moet worden gelaten. Het kan niet zo zijn dat ze zelf een scherm moeten pakken en deze in de tafel moeten plaatsen. Dit soort dingen kunnen snel worden vergeten of kan de gebruiker niet weten en geeft tevens extra, onwenselijk, werk aan de gebruiker.

Het beste is dus om de schermen automatisch tevoorschijn laten komen vanuit de tafel. Wanneer iemand op een bepaalde plek gaat zitten aan de tafel, gaat het scherm aan de tafel op een andere locatie omhoog en is deze gebruiker te zien aan deze tafel. Om misverstanden te voorkomen moeten gebruikers

Conclusie:

- De schermen moeten automatisch tevoorschijn komen
- De gebruiker moet kunnen zien waar de schermen tevoorschijn komen

Lokaal of op afstand samenwerken

Omdat het niet wenselijk is dat een persoon meteen ergens anders geprojecteerd wordt zodra deze plaats neemt aan een tafel, zal er op een manier moeten worden aangegeven of de gebruiker de tafel lokaal wil gebruiken of op afstand.

Deze functie moet de gebruiker direct opvallen bij het betreden van de tafel. Omdat er meerdere zitplekken aan de tafel zijn, wordt het lastig om een fysieke knop te plaatsen die voor iedereen evengoed zichtbaar is. De beste optie voor optimale zichtbaarheid is dan het touchscreen. Deze kan, zodra de tafel uit de stand-by stand komt, een grote switch of iets dergelijks weergeven waarin de gebruiker kan kiezen voor lokaal of afstand. Op deze manier kan de gebruiker er niet aan ontkomen.

Wanneer er dan is gekozen moet de gebruiker op een bepaalde manier feedback krijgen. Dit kan al doordat er andere personen nu geprojecteerd worden, maar als deze nog niet aan een andere tafel zitten, worden die ook niet geprojecteerd. Het beste is om op het touchscreen zelf een icoon/switch te plaatsen die aangeeft of er lokaal of op afstand wordt samengewerkt. Dit icoon kan dan tevens gebruikt worden om van lokaal naar afstand te switchen, of andersom. Om misverstanden te voorkomen zal de tafel standaard in lokale modus staan.

De tafel zal dus, wanneer het uit stand-by stand komt standaard op lokale modus staan om te voorkomen dat gebruikers ongewild bij een andere tafel worden geprojecteerd. Tijdens het werken aan de tafel is het wel mogelijk om te switchen tussen lokale- en afstandsmodus.

Conclusie:

- De tafel moet standaard op lokale samenwerkingsmodus staan
- Het moet mogelijk zijn om te switchen tijdens het werken

User interface van het touchscreen

De user interface van het touchscreen is een ander zeer belangrijk onderdeel van de tafel. In principe moet dit touchscreen alles doen wat een normale tafel ook 'kan'. Dit betekent dat gebruikers bestanden zoals tekstdocumenten, afbeeldingen, video's en dergelijke kunnen openen om dit vervolgens aan de andere gebruikers te laten zien. Om de bestanden op tafel op papieren te laten lijken die op een tafel liggen, zullen de bestanden worden geopend in zogenaamde windows. Hierdoor kunnen de geopende bestanden los van elkaar vergroot/verkleind, gedraaid en versleept worden. Deze windows moeten vervolgens kunnen worden verschoven naar andere gebruikers toe. Daarnaast moet er ook de mogelijkheid zijn om dingen aan te wijzen.

Er zal wederom aan de hand van de design principles gewerkt worden. Bij elk principe zal er uitgelegd worden wat er mogelijk is.

Visibility

Dit is erg belangrijk bij het ontwerpen van een user interface. De gebruiker moet alle beschikbare functies kunnen zien en moet direct kunnen weten wat er allemaal mogelijk is. Het is zaak om te proberen de meeste, in een ideaal geval alle, functies op een plek te hebben, zodat er niet gezocht hoeft te worden of er functies nooit worden ontdekt.

Daarnaast moet alles ook duidelijk zichtbaar zijn, dus tekst moet niet te klein zijn, net zoals afbeeldingen en dergelijke. Het is daarom ook belangrijk dat de geopende bestanden vergroot/verkleind kunnen worden zodat iedereen het even goed kan bekijken.

Feedback

Bij een touchscreen is er in principe geen fysieke feedback. Wanneer er een digitale knop wordt 'ingedrukt', voelt dat niet zo. Als er een fysieke knop wordt ingedrukt, krijgt de gebruiker de fysieke feedback dat de knop daadwerkelijk wordt ingedrukt. Bij een user interface van een touchscreen zal er dan ook vooral met (audio)visuele feedback gewerkt moeten worden. Denk aan een animatie of het geluid van een ingedrukte knop.

Constraints

Wat betreft constraints is het goed te kijken naar reeds bestaande user interfaces. Bijvoorbeeld de twee bekendste smartphones besturingssystemen, Android en iOS. Waar Android de gebruiker helemaal vrij laat om bijna alles aan te passen naar eigen smaak, is iOS een gesloten omgeving waarbinnen de gebruiker een paar kleine aanpassingen kan maken. Het voordeel daarvan is dat de gebruiker in principe niks fout kan doen, terwijl dit bij Android soms wel het geval kan zijn.

Omdat de UI van de tafel voor iedereen geschikt moet zijn, is het het beste om deze ook vrijwel dicht te bouwen zodat de gebruiker alleen toegang heeft voor de functies die hij ook daadwerkelijk nodig heeft.

Het is dus belangrijk vooraf ingestelde functies te bepalen en de gebruiker deze laten gebruiken en geen verdere instellingen laten doen.

Consistency

Consistent zijn is een belangrijk gegeven in het ontwerpen van een UI. Dit is niet alleen consistent zijn binnen de eigen ontworpen UI, maar ook consistentie ten opzichte van andere, reeds bestaande user interfaces.

Binnen de eigen UI is het belangrijk consistent te zijn met onder andere de layout van de beschikbare functies. Het mag dus niet zo zijn dat er bijvoorbeeld 4 functies onderaan te vinden zijn en eentje bovenaan. Om goede zichtbaarheid van de functies te krijgen, moet de layout dus consistent zijn.

Qua consistentie ten opzichte van andere interfaces is het handig om naar de welbekende smartphone interfaces te kijken. Deze gebruiken vrijwel allemaal een interface bestaande uit tiles met een icoon die ingedrukt kan worden. De icoon geeft altijd duidelijk aan wat het is. Het is handig om deze feature te gebruiken in de interface van het touchscreen. Dit komt ook minder ervaren gebruikers ten goede.

Affordances

Affordances zijn ook zeer goed te gebruiken in een UI. Alle fysieke interfaces uit de wereld zijn vaak goed over te zetten naar een digitale interface. Bijvoorbeeld een digitale knop maken die er ook als een indrukknop uitziet zodat men direct weet dat dit ingedrukt (aangeraakt) kan worden.

Een andere belangrijke affordance in de tafel zijn de windows waar de bestanden in zitten wanneer ze geopend zijn. Deze windows kunnen er bijvoorbeeld uitzien als papier, waardoor er meteen de

verbinding kan worden gelegd met echte papieren op een tafel. Het wordt duidelijk dat deze verschoven en gedraaid kunnen worden.

Conclusie:

- Functies moeten duidelijk weergegeven worden
- Functies moeten zoveel mogelijk op één plek worden weergegeven
- Geopende bestanden in 'windows' moeten vergroot en verkleind kunnen worden
- Bij het indrukken van een knop moet er visuele feedback worden gegeven
- De gebruiker moet alleen gebruik kunnen maken van de volgende functies:
 - o Het openen van bestanden
 - o Het verslepen van bestanden
 - o Het selecteren van een digitaal 'potlood' en het gebruiken daarvan
 - o Het switchen van lokaal-/afstandsmodus
- Er moeten duidelijke iconen worden gebruikt voor het starten van de verschillende functies
- De iconen moeten op een knop, die kan worden ingedrukt, lijken
- De 'windows' op het touchscreen moeten gelijk staan aan papier op een tafel