Hoe bouw je een model voor aardobservatie? AR Sandbox op school

De Augmented Reality Sandbox (ARS) is een zandbak waarin het zand steeds de kleur krijgt van zijn eigen hoogte, omdat er een dynamisch hoogtemodel op geprojecteerd wordt. We gebruiken dit toestel als model voor aardobservatie vanuit de ruimte. Hoe werkt dit precies? En hoe bouwje een mobiele low-budget ARS op school?





Hoe bouw je een model voor aardobservatie?

Augmented Reality zandbak op school

Cursus kenmerken

Leeftijd doelgroep	Alle leeftijden	
Туре	Handleiding	
Minimum vereiste tijd om het toestel te bouwen	 Constructie: 1 dag Montering en aansluting apparaten: ½ dag Kalibratie: ½ dag 	
Locatie	Om het even welk klaslokaal dat hoog genoeg is: 230 cm boven tafelniveau.	
Belangrijkste benodigdheden	 Constructiemateriaal Microsoft Kinect 3D camera van game console Xbox Projector Linux computer Werkmateriaal: boor, zaag voor hout en metaal, ladder, klein courant werkmateriaal. 	
Toepassing in de les	De ESERO ARS werd gebouwd als model voor de observatie van de Aarde vanuit de ruimte met een satelliet. Daarom is hij in de eerste plaats geschikt voor de les aardrijkskunde in het secundair onderwijs, of de les WO in het lager onderwijs. Bekijk de cursussen die verschijnen op <u>www.esero.be</u> . Verder zijn er nog andere toepassing denkbaar met de ARS, bijvoorbeeld rond techniek, fysica, multidisciplinaire vakken (STEM), enz.	
Samenvatting	De Augmented Reality Sandbox (ARS) van ESERO Belgium is een zandbak waarbij een hoogtemodel op het zand geprojecteerd wordt. Dit gebeurt op zo'n manier, dat het zand elk moment de kleur van zijn eigen hoogte krijgt. Dit voorwerp wordt door ESERO gebruikt als model voor observatie van de Aarde met ruimtesatellieten. Het toestel blijkt bij elk gebruik een bijzondere aantrekkingskracht uit te oefenen op de gebruikers (leerlingen en leraren), en maakt daarom de lessen motiverender. Met de ARS worden bepaalde realiteiten en modellen sterk gevisualiseerd. Het verhoogt dan ook in hoge mate de aanschouwelijkheid van de les. In dit document leert u hoe de ESERO ARS gemaakt is, en hoe u hem zelf kunt bouwen voor een lage kostprijs.	



Colofon

Uitgave	Maart 2016	
Laatste update	februari 2017	
Gebruik en beschikbaarheid	 Dit cursusmateriaal mag gratis gebruikt worden voor niet-commerciële, educatieve doeleinden. Wie fragmenten eruit overneemt, dient de bron te vermelden. Lesmateriaal download op <u>www.esero.be</u> > nederlandstalig > lesmateriaal. 	
AUTEURS		
ESERO Belgium	 Bouw van de ESERO ARS Productie Handleiding Medewerker: Pieter Mestdagh 	
Uw mening is belangrijk	Cursussen van ESERO Belgium worden online aangeboden in dynamische vorm. Dat betekent dat elke zinvolle feedback van gebruikers onmiddellijk leidt tot de publicatie van een aangepaste uitgave op <u>www.esero.be</u> (Nederlandstalig). Help toekomstige gebruikers door uw opmerkingen of aanvullingen per email op te sturen (<u>www.esero.be</u> > NL > contact). Gebruikers die nieuwe onderdelen toevoegen aan de cursus, worden hierboven in de auteurslijst vermeld.	



INLEIDING EN DEFINITIE	6
WAT IS FEN ARS?	
WAT IS AUGMENTED REALITY?	
HET ARS PROJECT VAN ESERO	8
WAT IS ESERO?	
DE ESERO ARS: MOBIEL EN NIET DUUR	9
DE ARS EN RUIMTEVAART	10
Analogie tussen de ARS en observatiesatelieten	10
ZELFBOUW MET DE ESERO ARS ALS VOORBEELD	13
RENODICDUEDEN	12
Computer	
Software	
Kinect camera	
Projector	
Zand	20
Constructie	
SOFTWARE INSTALLEREN	
KALIBREREN	29
Inleiding	
STAP 1 – kalibratie van de Kinect camera	
Stap 2 – Bepaal het basisvlak van het zand	
Stap 3 – bepaal het meetbereik van de camera	32
Stap 4 – Het projectiebeeld doen samenvallen met de hoogtemetingen va	an de
Kinect camera	33
Is de kalibratie gelukt?	35
PARAMETERS	35
Het virtueel water aan- en afzetten	35
Hoogtemodel: aanpassen van de kleuren per hoogte-interval	36
MOBILITEIT VAN DE ESERO ARS	37
ESERO ARS LERARENVORMING	38
ARS I FRARENVORMING IN JOHW ORGANISATIE	38
Hoe vraagt u een ARS vorming aan?	



GEBRUIK VAN DE ARS: HANDLEIDING	40
DE ESERO ARS MONTEREN: STAP VOOR STAP	40
DE ZANDBAK MET STELLING	40
DE KINECT CAMERA	40
DE PROJECTOR	41
AFWERKING	42
DE BELANGRIJKSTE FUNCTIES OM DE ESERO ARS TE BEDIENEN	43
Starten en stoppen van de SARndbox toepassing	43
Toevoegen van virtuele regen	43
Veranderen van waterpeil	43
-	

BIJLAGE		 	45
UBUNTU com	imando's	 	45



Inleiding en definitie

Wat is een ARS?



- Een bak met **zand** waar een **3D camera** boven hangt die continu de hoogtes meet van elk punt op het zandoppervlak.
- De data van de 3D camera (x-y-z-coördinaten) worden naar een **computer** gestuurd.
- Op de computer staat software die de data verwerkt tot een ingekleurd **hoogtemodel** met hoogtelijnen.
- Dit hoogtemodel wordt in realtime terug geprojecteerd op het zand.
- Het resultaat is dat het zand steeds een kleur krijgt die overeenkomt met de hoogte op die plaats, ook wanneer omstaanders het reliëf wijzigen.
- Bovendien voorziet de software dat er een virtueel waterniveau te zien is, en dat men met de hand een regenwolk kan vormen, zodat afstromend regenwater kan geïllustreerd worden.







Wat is Augmented Reality?

'Augmented reality' of 'toegevoegde realiteit' wordt op Wikipedia als volgt gedefinieerd:

"Een live, direct of indirect, beeld van de werkelijkheid waaraan elementen worden toegevoegd door een computer."

Voorbeelden

- Een monteur krijgt in realtime labels te zien van onderdelen op die onderdelen zelf terwijl hij een toestel in mekaar steekt.
- Tijdens een operatie krijgt de chirurg visualisaties te zien van moeilijk herkenbare structuren, zoals bijvoorbeeld een moeilijk zichtbare foetus die een contour krijgt in een baarmoeder.
- Een head-up display op de voorruit van een boot of auto geeft informatie over de weg, geprojecteerd op de overeenkomstige plaats op het raam.
- Virtuele objecten worden als overlay op een blanco kartonnen doosje geprojecteerd, zodat je bijvoorbeeld een bestaande ruimtesonde virtueel kan vastnemen, ronddraaien en onderzoeken (musea, onderwijs, cursussen, ...)
- Renovatieplannen voor een gebouw: je kan virtueel door het reeds gerenoveerde gebouw lopen, door met je tablet naar alle richtingen te kijken. Je krijgt als overlay een gerenoveerde toestand te zien, waar je ook kijkt.





Mensen die zulke voorbeelden in werking zien, zijn dikwijls onder de indruk van het effect. Ook de Augmented Reality Sandbox (ARS) van ESERO heeft een sterk aantrekkingseffect. Zo werd de ARS voor het eerst tentoongesteld op de Vlaamse Ruimtevaartdagen in Leuven op 20/21/22 november 2015. Het succes was bijzonder groot. Zowel kinderen als volwassenen waren enthousiast en bleven erg lang rond de ARS hangen om hem zelf uit te proberen. Hetzelfde effect stellen we vast bij leraren die bij ESERO binnenkomen en een demonstratie van de zandbak krijgen. Op die manier wordt het gemakkelijk om de aandacht van de leerlingen te krijgen. Het visualiserend effect zorgt bovendien voor een diepgaander inzicht van leerstof in verband met landschap, reliëf, kaart, satellietbeelden en aardobservatie in het algemeen.

Het ARS project van ESERO

Wat is ESERO?

ESERO staat voor European Space Education Resource Office. Het is een educatief programma van de Europese Ruimtevaartorganisatie ESA, in samenwerking met nationale partners in verschillende Europese landen. In België is deze partner de Koninklijke Sterrenwacht van België (wetenschappellijk instituut van de federale overheid) met haar Planetarium in Brussel.

Doelgroep

De onderwijswereld, in het bijzonder leraren, toekomstige leraren en kinderen/jongeren.

Missie

Spontane interesse voor ruimtevaart en astronomie gebruiken in de les. Interesse voor wetenschap en techniek verhogen. Keuze voor STEM studies stimuleren.



Meer info www.esero.be

De ESERO ARS: Mobiel en niet duur

De ARS werd tot voor 2015 vooral gemaakt door musea en bezoekerscentra die zich bezig houden met wetenschapseducatie. Zij beschikken gewoonlijk over budgetten die de bouw en installatie van een professioneel ogende en robuuste ARS toelaten. ESERO zag de potentie van het toestel **voor scholen** – voornamelijk in het kader van de eindtermen van aardrijkskunde. Om het gebruik op scholen praktische mogelijk te maken, ontwikkelde ESERO een ARS met volgende kenmerken:

- © De ESERO ARS is gebouwd met **laag budget**, en kan **eenvoudig** nagebouwd worden door een school of een individuele leraar.
- © De ESERO ARS is **mobiel**: gemakkelijk te demonteren en elders te installeren, en kan dus uitgeleend worden aan scholen.
- De ESERO ARS wordt begeleid door een handleiding, die op de website gepubliceerd is: <u>www.esero.be</u> > Nederlands > Lesmateriaal.
- Bij de ESERO ARS worden cursussen ontwikkeld voor gebruik in de lessen van lager onderwijs, eerste graad secundair onderwijs, en derde graad secundair onderwijs. In 2016 werden cursussen ontwikkeld over aardobservatie algemeen (ESERO cursus) en over landschap, reliëf en kaart, voor de eerste graad secundair onderwijs in partnerschap met VIVES Hogeschool, campus Torhout en de Vlaamse Vereniging voor Leraren Aardrijkskunde (VLA). Nog meer cursussen voor lager en secundari onderwijs zullen volgen.









De ARS van ESERO.BE: de zandbak.



constructie met 3D camera e projector

De ARS en ruimtevaart

Analogie tussen de ARS en observatiesatelieten

Aardobservatie

Er zijn duizenden satellieten in een baan rond de Aarde die onze planeet observeren en de waarnemingsgegevens met radiogolven uitsturen. Deze data worden met antennes in



grondstation opgevangen, en vervolgens verwerkt tot kaarten, modellen, grafieken en tabellen. Dit hele proces noemen we aardobservatie (earth observation of EO).



niet op schaal, de atmosfeer is veel dunner in het echt.

- A. Elektromagnetische straling afkomstig van de zon of van een instrument aan boord van een satelliet – komt terecht op Aarde. De straling kan vele golflengtes bevatten: radioactieve stralen, ultraviolet, zichtbaar licht, infrarood, microgolven, radiogolven.
- B. Deze straling gaat eerst door de atmosfeer. De interacties tussen de straling en de atmosfeer veranderen bepaalde kenmerken van de straling. Die veranderingen zijn een bron van informatie over de atmosfeer. Een deel van de straling relecteert reeds hier terug weg van de planeet.
- C. Dan valt de straling op het aardoppervlak (water, land of ijs). Ook hier zal de straling veranderingen ondergaan, afhankelijk van de aard van het oppervlak. Ook deze veranderingen bevatten informatie die men kan meten. Enkel het deel van de straling dat reflecteert naar de ruimte kan waargenomen worden door satellieten.
- D. Gereflecteerde straling keert terug naar de ruimte. Naast veranderingen in de eigenschappen van de straling (sterkte, golflengtes), kan men informatie halen uit de tijd dat de uitgezonden straling onderweg is.
- E. Sensoren op de satellieten meten de gereflecteerde straling.
- F. De metingen worden elektronisch doorgestuurd naar een grondstation, ofwel rechtstreeks, ofwel via een andere satelliet die dit weer verder doorstuurt (een relais). De ontvangen data staan voor een reeks getallen.
- **G.** De ruwe data (getallen) worden omgezet in zinvolle data en in beeld gebracht op een kaart (visualisatie). Naast kaartmateriaal kan men hieruit ook tabellen met gegevens halen die door de mens nuttig kunnen gebruikt worden.

Remote sensing

Ook andere objecten in onze zonnestelsel worden soms door satellieten geobserveerd, zodat ze in detail kunnen bestudeerd worden. Dit is of was het geval bij meerdere planeten, manen, de zon, asteroïden en kometen. Allemaal blijven ze op afstand van het object, en ontvangen ze informatie door het opvangen van elektromagneetische stralingen die door het object uitgezonden worden of die op het object weerkaatst werden. Deze werkwijze om informatie te bekomen wordt 'remote sensing' genoemd.





De Europese AIM is een onderdeel van een missie naar een Asteroïde die begint in 2020. Een laser hoogtemeter zal onder meer het oppervlak (reliëf) van de asteroïde in kaart brengen. Bron: ESA.

De ESERO ARS als model voor observatie via remote sensing

De ARS visualizeert de verschillende deelprocessen van observatie vanuit de ruimte via remote sensing. De tabel hieronder geeft de analogieën weer.

ARS onderdeel	Analogie met aardobservatie
Zand	Het zandoppervlak in de ARS staat model voor het oppervlak van de Aarde. De Europese programma's aardobservatie verzamelen talrijke data over de oppervlakte van onze planeet, zowel op land als op zee, en brengen deze in kaart. Deze taak eindigt nooit. Het aardoppervlak is immers dynamisch. De interesantste informatie komt niet uit een statische kaart, maar uit kaartenreeksen die de veranderingen op Aarde weergeven. De leerlingen kunnen op de ARS bij elke wijziging van het zandoppervlak de kaart meteen zien veranderen.
3D camera	Remote sensing: De Kinect camera hangt op een vaste hoogte boven het zandoppervlak, net als een satelliet die in een ronde baan om de aarde blijft draaien. Net zoals een echte satelliet, doet de camera niets anders dan voortdurend afstanden meten tussen het oppervlak en de satelliet. Deze gegevens worden dan doorgestuurd naar een ontvangststation op de grond.
Computer	Op de Aarde worden de satellietgegevens opgevangen met de antennes van de grondstations. Vervolgens worden ze gekallibreerd en verwerkt tot tabellen, grafieken en kaarten. Bij de ARS is het de computer die al deze taken in één keeer uitvoert. De kaartmodellen die hieruit voortkomen worden naar de projector gestuurd.
Geprojecteerd hoogtemodel	Het hoogtemodel dat op de ARS geprojecteerd wordt is vergelijkbaar met kaartmateriaal dat aardobservatiewetenschappers produceren. De leerlingen stellen zelf vast dat een model nooit 100% gelijk is aan de realiteit. Dat is ook het geval in de echte wetenschappelijke programma's. Tegelijk zien de leerlingen dat het model enkel fouten



bevat in de details, en dat dit model dus wel prima bruikbaar is om een zinvol beeld te krijgen van de reële situatie.

Zelfbouw met de ESERO ARS als voorbeeld

Benodigdheden

Alle benodigdheden om de ESERO ARS te bouwen, kunnen opgedeeld worden in 2 groepen:

De elektronische apparatuur en toebehoren

- Computer, muis, toetsenbord + software
- Kinect 3D camera
- Projector
- Verbindingskabels

Bouwmateriaal en accessoires

- Houten planken + verf
- Metalen profielen en draadstaven
- Vijzen, bouten, moeren, plakband, lijm
- Accessoires (zoals zand, handvaten, PVC onderdelen,...)

Elk van de onderdelen is hieronder in detail beschreven, zodat u de ESERO ARS exact kunt namaken of uw eigen ontwerp erop kunt baseren.

Computer

Besturingssysteem

De ARS software functioneert alleen op Linux (Ubuntu), en niet op Windows. De makers raden de meest actuele 64-bit versies van Ubuntu of Fedora Linux aan.

Dit kan mogelijks een drempel zijn om de ARS op uw school te bouwen. U heeft een Linux computer nodig en iemand die de basiscommando's kent van dat besturingssysteem. Weet echter dat een zeer beperkte basiskennis van Linux volstaat om de ARS toepassing te installeren. Eens geïnstalleerd, volstaat het om de snelkoppeling te openen met een muisklik. Met andere woorden, de eindgebruiker van de ARS hoeft geen ervaring te hebben met Linux/Ubuntu. In bijlage zijn enkele veelgebruikte commando's in Ubuntu opgelijst.

In principe kan de software ook onder Mac OS X lopen, maar de makers raden dit af, vanwege een lagere stabiliteit.



Technische vereisten

RAM	Een beperkt RAM geheugen volstaat (minimum 1GB)		
Opslagruimte	10 GB op de harde schijf volstaat om zowel het beturingssysteem		
	LINUX als de SARndbox software te installeren.		
Grafische kaart	Om de ARS optimaal te gebruiken, wordt een voldoende krachtige		
	grafische kaart geadviseerd.		
	Het projecteren van de hoogtemodellen (= 'topographic map		
	renderer') op het zand vereist dit niet. Maar de module waarin virtueel		
	water (= 'water flow simulation') getoond wordt wel. Hieronder wordt		
	ter illustratie het type grafische kaart genoemd die door de software-		
	ontwikkelaar aangeraden werd, maar uiteraard kan het ook een ander		
	type zijn:		
	Nvidia GeForce GTX 970 graphics card (vanaf febr. 2015). De		
	ARS vereist dat de meegeleverde binaire drivers van de		
	grafische kaart geïnstalleerd zijn.		
ESERO ARS	De ESERO ARS werkt prima met een computer met volgende		
computer	kenmerken:		
	 Intel Core i5 4590 - Quad Core - 3,3 GHz 		
	• 500 GB hard disk - SATA II 300 - 7200 RPM - 16 Mb cache		
	• 4 GB DDR3 (2 x 2 GB) - Brand-on-Brand - 4 slots memory (dual		
	Band)		
	 Integrated Intel HD 4600 graphics - Triple head : VGA + DVI + 		
	HDMI		

Software

Om de ARS te laten functioneren, wordt de open software van UC Davis KeckCAVES gebruikt. Andere software met dezelfde functionaliteit is tot hiertoe niet bekend. De toepassing zelf heet **SARndbox**.

Wie is de ontwikkelaar?

UC Davis KeckCAVES is een Amerikaanse organisatie die instrumenten ontwikkelt (dikwijls 3D en Realtime) voor de visualisatie, manipulatie, en creatie van data en modellen. Ze ontwikkelen en gebruiken visualisatie instrumenten die helpen bij het inzicht verwerven in problemen die moeilijk met andere technieken te benaderen zijn. Ze beschikken over de zogenaamde CAVE, een soort kubus van ongeveer 3 meter waarin op 3 zijwanden en de vloer beelden geprojecteerd worden, zodat er een 3D stereo effect ontstaat. Verder creëren ze allerlei virtuele realiteit systemen om data verhelderend te visualiseren. De organisatie is in 2004 ontstaan na een gift van de W. M. Keck Foundation, aangevuld door steun van de Universiteit van California, Davis. Ook de Amerikaanse 'National Science Foundation' draagt bij in de financiering. De organisatie is nog steeds gevestigd in de universiteit van California (AC Davis).

¢ ::

JAVIS





Type software en besturingssysteem

De ARS applicatie werd gebouwd binnen VRUI. VRUI is een software ontwikkelinstrument in C++, die kan gebruikt worden op heel wat verschillende omgevingen, zoals een laptop, desktop computer, de 3D CAVE van KeckCAVES, of andere 3D visualisatie-omgevingen. VR staat voor Virtuele Realiteit.

Deze applicaties draaien op Ubuntu (Linux), en volgens de ontwikkelaar ook op Mac OS X, maar niet op Windows. Lezers van deze ARS handleiding die een Windows versie van deze toepassing kennen (afgewerkt of in ontwikkeling), worden gevraagd om contact op te nemen met ESERO. U vindt de contactgegevens op <u>www.esero.be</u>. Zo kan de voorliggende handleiding geactualiseerd worden.

Waar vind ik de software?

De software kan gratis afgeladen worden op deze link: http://idav.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/index.html

De makers vragen enkel om op of nabij uw ASR het volgende kadertje zichtbaar te bevestigen:

In het Engels (origineel):



The Augmented Reality Sandbox was developed by the UC Davis W.M. Keck Center for Active Visualization in the Earth Sciences (KeckCAVES, http://www.keckcaves.org), supported by the National Science Foundation under Grant No. DRL 1114663. For more information, please visit http://idav.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox.



In het Nederlands:

De Augmented Reality Zandbak werd ontwikkeld door het Amerikaanse UC Davis W.M. Keck Centrum voor Actieve Visualisatie in Aardwetenschappen (KeckCAVES, http://www.keckcaves.org), gesteund door de 'National Science Foundation' onder het kenmerk DRL 1114663. Ga voor meer informatie naar http://idav.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox.

Installatie-instructies

De ReadMe-bestanden die bij de software geleverd worden, bevatten de nodige informatie voor de installatie ervan op uw Linux computer. Op dezelfde website vindt u stap-voor-stap



richtlijnen bij de installatie, inclusief video's met extra uitleg. Dit alles wordt aangeboden in het Engels.

Voor leken kan het moeilijk zijn om te werken met de originele, Engelstalige instructies. ESERO Belgium probeert Vlaamse leraren te helpen door een Nederlandstalige handleiding te maken die aangepast is voor beginners. Dit is het document dat u nu voor u hebt.

Kinect camera

De Kinect camera is een toestel dat ontworpen werd door Microsoft voor een **game console** (Xbox), en sinds 2010 in gebruik is. Het toestel maakt het mogelijk dat de spelers communiceren met de spelcomputer zonder deze aan te raken, iets in te spreken of een extra accessoire vast te houden. De Kinect camera scant namelijk het lichaam, en dus ook de bewegingen van de speler.

In de Kinect camera vinden we 3 actieve onderdelen:

- Een infraroodstraler die een bekend infrarood puntenpatroon uitzendt.
- Een infraroodcamera die het gereflecteerde patroon registreert. De afwijkingen ten opzichte van het oorspronkelijk puntenpatroon (door variërende afstanden tot het voorwerp) worden via driehoeksmeetkunde omgerekend tot x-y-z-coördinaten. Zo wordt dan een 3D beeld gereconstrueerd. Volgens een bron op Wikipedia worden er 60 frames per seconde opgenomen, met een precisie van 1 cm in de drie dimensies.
- Een **camera voor zichtbaar licht**, waarvan het beeld kan gebruikt worden als overlay op het gereconstrueerde 3D object.

Enkel de eerste twee onderdelen worden gebruikt voor de ARS. Het meten van de hoogtes van alle oppervlaktepunten van het zand (de x-y-z-coördinaten) volstaat immers om het hoogtemodel te laten berekenen die uiteindelijk op het zand zal geprojecteerd worden.



Welke Kinect camera heb ik nodig?

Helaas, op dit moment (januari 2016) zijn niet alle kinect camera's bruikbaar voor een ARS. Het gedeelte van de ARS software die communicatie met de Kinect mogelijk maakt, heet "Kinect 3D Video package". Dit pakket is enkel compatibel met de zogenaamde eerste generatie Kinect camera's. Op dit moment bestaan volgende versies van de Kinect Camera:

Eerste generatie (console : Xbox 360)

- Kinect-for-Xbox 1414
- Kinect-for-Xbox 1473



• Kinect-for-Windows v1

Tweede generatie (console : Xbox One)

- Kinect-for-Xbox One
- Kinect-for-Windows v2

Enkel de **eerste generatie** Kinect camera's kunnen gebruikt worden met de huidige ARS software. Ze zijn alle drie even bruikbaar, en vertonen geen kwaliteitsverschillen of verschillen in gebruik. ESERO contacteerde twee Belgische verkopers. Beiden beweerden dat de eerste generatie toestellen niet meer op de markt te koop waren, en dus eventueel moesten besteld worden bij een Microsoft leverancier. De nieuwprijs bedroeg **150 euro**.

Uiteindelijk werd de Kinect voor de ESERO ARS gekocht via **tweedehands** aanbiedingen voor **50 euro**.

Opgelet !

Deze toestellen hebben een **kabel** die enkel past op de Xbox game console (hoewel de plug op het eerste zicht kan verward worden met USB). De kabel dient zowel voor data transfer als voor stroomtoevoer. Voor het gebruik in de ARS is dus een omzetkabel nodig.



Projector

Velen zullen een projector gebruiken die beschikbaar is op school. Dit kan zeker. Ongeveer elke projector kan gebruikt worden (sommigen moeten wel erg hoog opgehangen worden om het zand volledig van beeld te voorzien, test dit vooraf). De kalibratie zorgt ervoor dat de projector een beeld produceert die samenvalt met de zandbakranden. Het is echter aan te raden een projector te kiezen waarvan het beeld zoveel mogelijk spontaan samenvalt met de zandbakranden, om deze redenen:

- 1) Dan gaat er minder verloren van de oorspronkelijke lichtcapaciteit van de projector
- 2) Dat is handiger wanneer je geen apart computerscherm hebt, en dus de ARS als beeldscherm gebruikt bij het kalibreren, het instellen van parameters, en ander gebruik van de computer dan de ARS applicatie zelf. Bij de ESERO ARS hebben we dit opgelost door een verwijderbare, verstevigde kartonnen plaat net boven het zand te bevestigen.





Door eenvoudig een wegneembare witte plaat te laten rusten op vier haakjes – op elk vertikaalprofiel één – kan je de ARS als handig beeldscherm gebruiken tijdens ander computergebruik dan de SARndbox toepassing zelf.



Als er toch keuze is van projector, dan kan je best met het volgende rekening houden:



Basiskenmerken

- Hoewel een beeldverhouding 16:9 kan gebruikt worden, is 4:3 beter geschikt.
- De **resolutie** moet niet hoog zijn. XGA (1024x768 pixels) volstaat ruim, want de Kinect camera heeft ook niet meer resolutie dan 640x480 pixels.
- Speciale functies voor beeldcorrectie (bijvoorbeeld voor schuin projecteren) zijn overbodig, en worden zelf best niet gebruikt in de ARS. Zulke functies zorgen immers voor vervormingen in het beeld. De software van de ARS voorziet zelf alle nodige correcties tijdens de kalibratie. Desondanks is het aan te raden om de projector recht naar het zand te richten (projectierichting loodrecht op het zandvlak).

Kortbij/veraf en centerline

Kortbij-projectoren projecteren gewoonlijk boven de centerline. Dwz de onderlijn van het geprojecteerde beeld verschijnt boven een denkbeeldige horizontaal vlak vanuit de projectlens. In het ideale geval zouden we een projector gebruiken die op de centerline projecteert, en hem ophangen net naast de kinect. Maar kortbij centerline projectoren zijn duur en zeldzaam. Je kan een gewone 'boven centerline' projector gebruiken, en hem ophangen boven de lange rand van de zandbak. Als er keuze is, dan kies je best voor een projector die zo weinig mogelijk 'offset' heeft, dit is zo weinig mogelijk boven centerline.



Short throw in plaats van normal throw Weinig offset van projectiebeeld

Voordelen	 ARS constructie moet minder hoog zijn Lichtsterkte en contrast op het zand zijn hoger 	 Beeld valt spontaan beter samen met zandbak (gemakkelijker voor ophanging en minder lichtverlies) Minder beeldvervorming
Nadelen	DuurderZeldzamer	DuurderZeldzamer



Projector aangeraden door de software ontwikkelaar

• BenQ MX620ST above-centerline short-throw XGA DLP projector met 13000:1 contrast ratio en 3000 ANSI lumens, in Amerika te koop voor \$550.

Waarom?

Bij maximum zoom komt het beeld overeen met het kinect meetveld, en dus kan je hem op precies dezelfde hoogte hangen.

Zand

Voor de ESERO ARS wordt **gewoon rivierzand** uit de doe-het-zelf zaak gebruikt, met een korrelgrootte van 0 tot 2 mm. Ondanks de lichtbruine kleur, is het beeld van het hoogtemodel zeer goed zichtbaar, zelfs wanneer de lichten in het lokaal aanblijven of de ramen niet verduisterd worden. De ESERO projector heeft nochtans geen uitzonderlijk hoge contrastwaarden, namelijk 500:1.

In de ARS wordt ongeveer 100 kg tot 120 kg zand gedaan.

Om de kostprijs laag te houden, werd voor het meest eenvoudige en goedkoopste zand gekozen. Dat werkt prima, maar men zou ook kunnen opteren voor:

- Kinetisch zand om heel bijzondere en fijne relëfvormen met erg steile delen te maken. Dit zandtype is erg duur (10-15 euro per kg). Het is zand waaraan een polymeer werd toegevoegd, waardoor het hydrofoob wordt (waterafstotend):
 - Kleeft alleen aan zichzelf, en niet aan de omgeving of je handen
 - o Voelt aan als zachte deeg en is ook boetseerbaar
 - o Kan niet nat gemaakt worden, kan ook niet 'uitdrogen'
 - Maakt geen stofwolken, morst niet
 - Er kunnen vormen met vertikale randen gemaakt worden (vergelijkbaar met gewoon nat zand)
- Wit zand voor een betere reflectie, en dus een nog duidelijker beeld van de hoogtelijnen. Dit zand is slechts een klein beetje duurder dan bruin rivierzand (€1,59 voor 25 kg bruin rivierzand en €1,75 voor 25 kg wit zand, prijs online opgezocht in februari 2016).





Drie accessoires blijven steeds samen met ESERO ARS om praktische redenen:

Een vuilblik en borstel

- Zelfs met voorzichtige leerlingen, zal er altijd kleine hoeveelheden zand uit de bak vallen. De omgeving van de ARS wordt best elke dag geveegd.
- Een vuilblik is een ideaal hulpmiddel om het zand terug te spreiden of af te vlakken nadat een bepaald reliëf gemaakt werd. Bovendien kan je het vuilblik ook gebruiken bij het laten leeglopen van de ARS wanneer hij verhuisd moet worden.
- Om hygiënische redenen, wordt het vuilblik en borstel best exclusief voor de ARS gebruikt.

Een waterverstuiver

- Wanneer het zand te droog wordt, zal het moeilijk zijn om bepaalde relëfvormen te maken. Droog zand stroomt voortdurend spontaan naar het laagste punt. Daarom moet er regelmatig bevochtigd worden, vooral wanneer het lokaal van de ARS verwarmd wordt.
- Te droog zand vormt stofwolken wanneer men de ARS gebruikt. Deze stofwolken moeten vermeden worden voor de electronische apparatuur en om het lokaal proper te houden.

Kleine plastic bakken

- De ESERO ARS wordt veel verplaatst, en het zand moet er telkens weer uit en in. Via de uitstroomopening laten we het zand in 6 tot 8 kleine plastic bakken lopen: 35 cm x 27 cm, hoogte 22 cm (waarvan 15 cm bruikbare hoogte).
- De kleine afmeting heeft als voordeel dat het zand gemakkelijker in en uit de auto geladen wordt, en dat het plastic niet snel barst (omdat het gewicht van 1 bak zand beperkt is, en dus geen grote krachten op het plastic ontstaan).



ARS vuilblik en borstel (links), ARS water-verstuiver (midden), ARS bak voor zandtransport (rechts).

Constructie

Heel verschillende manieren om een ARS te bouwen zijn denkbaar. Hieronder geven we een beschrijving van de ESERO ARS constructie, die men kan gebruiken als leidraad of om exact na te bouwen.



Sterktes en zwaktes van de ESERO ARS constructie

	Sterktes	Zwaktes	
✓	Tevredenheid van bestaande gebruikers bevestigt dat dit een goed ontwerp is.	→ Minder robuust dan een vast model d stevig aan de muur/plafond bevestig is. Lichte trillingen van h	ie jd et
✓ ✓	De bak is mobiel en kan ongeveer overal gemakkelijk opgesteld worden; de enige voorwaarde: plafondhoogte = tafelhoogte + 230cm. Niet duur.	 projectiebeeld zijn mogelijk. → Niet geschikt om mooi in te kleden een decor zoals men bijvoorbeeld een wetenschapsmuseum zou doe met zwart plaatmateriaal en verborge 	in in en
\checkmark	Gemakkelijk zelf te bouwen.	kabels.	
✓	Na demontage transporteerbaar met een middelgrote auto.	→ Tijdens montage/demontage kunne kwetsbare profielen eventueel p ongeluk geplooid worden.	er

Detailbeschrijving: Afmetingen en bouwmateriaal



1 De houten zandbak

- Multiplex grondplaat 103 cm x 78 cm, dikte 1,8 cm
- 4 verticale grenen platen hoogte 20 cm, dikte 1,8 cm
- Alle platen zijn aan elkaar verlijmd met lijmpistool, en nog extra vastgeschroefd met lange vijzen. Naast extra stevigheid (de bak wordt veel verplaatst), is het voordeel van de lijm dat er geen zand tussen de naden kruipt.
- Het geheel is geverfd met twee lagen zwarte lakverf.
- Op de korte zijkanten werden telkens twee handvaten geschroefd. De bak kan zo gemakkelijk gedragen worden door 1 persoon als hij leeg is.





2 Vertikale profielen

- Gelakte stalen hoekprofielen 3,2 cm x 3,2 cm x 200 cm
- Vormen rechtopstaande ribben van de bovenconstructie (de breedte van 3,2 cm is een minimale breedte om de stevigheid van de stelling te verzekeren, bredere profielen zijn ook bruikbaar, maar kosten meer).
- Voorzien van bevestigingsgaten
- In de binnenhoeken van de zandbak bevestigd met drie schroeven + vleugelmoeren. De schroeven zijn 6 mm x 25 mm, net groot genoeg om door het stalen profiel en de houten rand samen te steken. Diezelfde vijzen + vleugelmoeren worden gebruikt in de ESERO ARS voor elke verbinding van demonteerbare delen.



De vertikale profielen zijn vastgemaakt met drie vijzen in de binnenhoeken van de zandbak. Voor alle verbindingen van demonteerbare delen wordt hetzelfde type vijs en moer gebruikt, wat erg praktisch is. De vleugelmoeren laten toe dat de ARS ge(de)monteerd kan worden zonder werkmateriaal.



3 horizontale profielen

- Alluminium hoekprofielen 1,5 cm x 1,5 cm
- Vormen twee horizontale kaders die samen met de vertikale ribben een stevige stelling boven de zandbak vormen. Op 121 cm boven het zand ligt het kader voor de Kinect camera, op 182 cm boven het zand ligt het kader voor de projector. Deze hoogtes werden experimenteel bepaald. De Kinect camera zou voor een ideale meting lager kunnen hangen, maar dan wordt het moeilijker om het projectorbeeld niet te hinderen. Vanwege het gebruik van vijzen + sleutemoeren kan de hoogte altijd gemakkelijk aangepast worden.
- De breedte van 1,5 cm is minimaal vereist voor de stevigheid. Bredere profielen kunnen ook gebruikt worden, maar zijn duurder.
- Lengte 100 cm aan lange zijden, 74 cm aan korte zijden (op maat te zagen).
- Bevestigd aan de vertikale profielen met vijzen en sleutelmoeren (zelfde type als hierboven). Hiervoor dienen dus gaten geboord te worden in de alluminium profielen met een diameter van 6 mm.
- Bij voorkeur gemonteerd met rechtopstaande rand naar boven gericht. De draagconstructies van de camera en projector zullen rusten op de liggende randen.



De horizontale profielen zijn vastgemaakt met een vijs aan beide uiteinden. Voor alle verbindingen van demonteerbare delen wordt hetzelfde type vijs en moer gebruikt, wat erg praktisch is. De vleugelmoeren laten toe dat de ARS ge(de)monteerd kan worden zonder werkmateriaal.

4 Ondersteuning bodemplaat en uitstroom opening

- Liggende houten balkjes die op de grondplaat vastgevezen zijn vóórdat de bak geverfd werd, vormen de voet van de ARS die op een tafel rust.
- De houten voet is in lengte en breedte kleiner dan de grondplaat zelf, zodat de ARS ook kan rusten op een kleinere tafel
- Hoogte van deze voet: 7 cm
- In één hoek is de voet uitgespaard voor een uitstroomopening voor het zand. In de vloerplaat werd een ronde opening gefreesd met diameter 6,5 cm. Hieronder werd een schroefdop voor een PVC-buis gemonteerd, die men kan openschroeven wanneer het zand uit de bak gehaald wordt. Het zand stroomt dan in een emmer die men onder de ARS plaatst.
- De PVC schroefdopsysteem heeft een hoogte van 6,5 cm, en een diameter van 9 cm. Let op dat deze PVC buis een grotere diameter heeft dan de uitstroomopening in de



vloerplaat. Zo is er ruimte om de PVC dop met lijm en vijzen stevig aan de vloerplaat te bevestigen.



- Links: uitstroomopening en PVC schroefdop onderaan de zandbak.
- Rechts: uitstroomopening in de bodemplaat.





Detailbeschrijving : ophanging Kinect camera

Dragende delen:

- Steunlatten: twee alluminium profielen die parallel liggen met het horizontaal kader. Ze worden net iets korter gezaagd dan de horizontale randen van de lange zijde: 99,5 cm ipv 100 cm. Ze rusten op de liggende rand van de alluminium kaderranden.
- 2 draadstaven (ronde staven met schroefdraad) met diameter 6 mm en lengte tussen 45 en 70 cm, die door de rechtopstaande rand van het horizontaal kader en van de steunlatten gestoken worden. Boor hiervoor 2 gaten in het kaderprofiel en in de steunlatten die telkens 12 cm uit elkaar liggen.
- Het voordeel van de draadstaven is dat de camera gemakkelijk naar voor of achter kan geschoven worden door de vleugelmoeren te verdraaien. Zo kan de beste positie gezocht worden:
 - Zo dicht mogelijk naar het midden van het omgevende kader, om zo goed mogelijk centraal boven het zand te hangen.
 - Net ver genoeg van de verste rand, zodat het beeld van de projector neit gehinderd wordt, en er geen schaduw zichbaar is op het zand, veroorzaakt door de draagconstructie van de Kinect.
- Een houten blokje 3.5 m x 4,5 cm x 27 cm (op onderstaande tekening aangeduid met 'Kinect camera') bevat eveneens 2 gaten die 12 cm uit elkaar liggen. Dit blokje wordt aan de draadstaven opgehangen. Aan het blokje wordt de Kinect camera vastgemaakt met stevige plakband. Bij de ESERO ARS werd een extra allumium hoekprofiel bevestigd op de onderkant van het blokje, om de positie van de camera extra te ondersteunen. De camera moet recht naar beneden gericht zijn.









Detailbeschrijving: ophanging projector

Dragende delen:

- Steunlatten: drie allumium profielen die parallel liggen met het horizontaal kader. Ze worden net iets korter gezaagd dan de horizontale randen van de lange zijde: 99,5 cm ipv 100 cm. Ze rusten op de liggende rand van de alluminium zijkanten.
- 2 draadstaven (ronde staven met schroefdraad) met diameter 6 mm en lengte 80 tot 100 cm, die door de rechtopstaande rand van het horizontaal kader en van de steunlatten gestoken worden. Boor hiervoor 2 gaten in het kaderprofiel en in de steunlatten. Voor de exacte locatie van de 2 gaten hou je rekening met het volgende:
 - Tussen de twee gaten moet een breedte liggen die exact gelijk is aan de projectorbreedte Bp. Zo vormen de twee draadstaven een zijdelingse afboording van de ophanging van de projector, waarin de projector vastgeklemd wordt.
 - De locatie van de gaten is zo dat de plaats van de projectorlens gelijkvalt met het exacte midden van het horizontaal kader.
- De projector moet dicht bij de rand van het horizontaal kader liggen; de exacte afstand is afhankelijk van de offset van het projectorbeeld (zie hoger). Wanneer de offset 100% of



iets meer is, dan moet de lens minder dan 5 cm van de rand terechtkomen. Probeer uit terwijl de projector aanstaat wat de beste positie is, door de projector boven het zand te houden. De draadstaven en vleugelmoeren laten toe dat de precieze positie van projector kan gewijzigd worden als die al ophangt.

 De steunlatten en vleugelmoeren bepalen de locatie van de projector, maar ondersteunen niet zijn gewicht. Hiervoor werden aan de steunlatten 2 metalen linten bevestigd die in Uvorm geplooid zijn. De aftand en afmetingen van deze linten zijn afhankelijk van het type projector. Ze mogen de lens en koelingsroosters niet hinderen. Vervang het metaal NIET door brandbaar materiaal, want een projector produceert veel warmte.





Software installeren

Gebaseerd op

README for Augmented Reality Sandbox (SARndbox) version 1.5



De ARS vereist volgende software:

- Vrui version 3.0 build 001 of recenter
- Kinect 3D Video Capture Project version 2.7 of recenter.

Je kan best alle ARS software installeren in een mapje met de naam "src", direct onder je home-directory. Zoniet, dan moeten de referenties naar ~/src in onderstaande handleiding veranderd worden.

De software installeren: hoe?

- Installeer Vrui van ~/src/Vrui 3.0 build 001 (zie Vrui README file).
- Installeer Kinect 3D Video Capture Project van ~/src/Kinect-2.7 (Zie Kinect 3D Video Capture Project README file).
- Ga naar ~/src directory en unpack de Augmented Reality Sandbox tarball:
 - \circ > cd ~/src
 - > tar xfz <download path>/SARndbox-<version>.tar.gz ofwel
 - > tar xf <download path>/SARndbox-<version>.tar
- Ga naar de Augmented Reality Sandbox's base directory:
 - o > cd SARndbox-<version>

Als de geïnstalleerde VRUI versie niet 3.0 was, of als de map waarin VRUI werd geînstalleerd anders is dan de standaard ~/Vrui-3.0, dan:

- Pas de "makefile" aan met behulp van een text editor. Verander de VRUI_MAKEDIR bij het begin van het bestand als volgt:
 - VRUI_MAKEDIR := <Vrui install dir>/share/make

Daarbij is <Vrui install dir> de installatiemap die werd gekozen bij installatie. Gebruik \$(HOME) om de gebruikers home directory aan te duiden ipv ~.

Creëer de Augmented Reality Sandbox:

○ > make

Kalibreren

Inleiding

Het ARS pakket bevat 2 toepassingen:

- o SARndbox, de ARS toepassing zelf
- De kalibratiemodule

Een **kalibratie** moet opnieuw uitgevoerd worden wanneer de Kinect camera of de projector verhoogd of verlaagd werden, zodat volgende eigenschappen opnieuw gedefinieerd worden:

- De **nulhoogte** (eventueel is dit het virtueel zeeniveau), zijnde de gemiddelde hoogte van het afgevlakt zand.
- De **randen** van het vlak dat moet gescand worden (moet overeenkomen met de randen van de zandbak).
- De precieze locatie van het projectiebeeld, dat volledig moet samenvallen met het scanoppervlak.



De kalibratie moet gebeuren wanneer de camera en projector op hun definitieve plaats gezet zijn. Pas na de kalibratie zijn de apparaten goed afgesteld op elkaar. Je kan echter ook de ARS toepassing laten lopen in 'trial mode' vóór de kalibratie. Dit heeft weinig zin vanwege de grote fouten in de beelden, maar sommigen willen 'al eens kijken' voor ze eraan beginnen.

STAP 1 – kalibratie van de Kinect camera

Deze stap is alleen nodig wanneer u een Kinect camera voor het eerst wilt gebruiken in de AR Sandbox. En zelfs in dat geval is het mogelijk om deze stap over te slaan, hoewel u het volgens de software-ontwikkelaar beter wel doet om een correcter ARS beeld te krijgen op het zand.

Waarom is deze camera kalibratie aan te raden?

- a) Kinect cameras hebben kleine lensafwijkingen, waardoor ze ook kleine vervormingen hebben in de hoogtemetingen. Je kan deze corrigeren met de ARS software, zoals in de blauwe kader hieronder uitgelegd. In het oorspronkelijke readme-bestand van de software is dit 'stap 1'.
- b) Er zijn kleine verschillen tussen alle Kinect camera's in interne layouts en optische eigenschappen. Daardoor is hun interne kalibratie ook verschillend. Concreet zit er verschil op de projectie-matrices die bepalen hoe dieptebeelden vertaald worden in 3D ruimte, hoe deze dieptebeelden geprojecteerd worden en hoe de kleurbeelden geprojecteerd worden. Alle Kinects zijn gekalibreerd door de fabrikant, en bevatten kalibratiedata in hun firmware. Deze data zijn beschermd als eigendom, en kunnen niet uitgelezen worden door de Kinect 3D video capture project software. Daarom moet elke camera nog eens intern gekalibreerd worden voor gebruik in de ARS. Aangezien de verschillen klein zijn tussen de verschillende camera's, is het niet strikt noodzakelijk de interne kalibratie te doen. Je kan ook gewoon de standaard kalibratie gebruiken, maar dit wordt afgeraden door de ontwikkelaar (minder goed resultaat op het zand). In het oorspronkelijke readme-bestand van de software is dit 'stap 2'. De gedetailleerde uitleg staat in het blauwe kader hieronder.

Correcties invoeren per pixel voor kleine lensafwijkingen (a): hoe?

- Open de VRUI map op de computer met een muisklik. Je krijgt een lijst van mappen/toepassingen te zien. Eén ervan heet RawKinectViewer. Open deze met de muis. De tool verschijnt: je ziet twee vlakken naast elkaar.
- Open het popup menu door de "e" toets in te duwen (let op, via rechtsklikken opent er een ander menu). Blijf de "e" induwen en ga intussen met de muispijl naar "Calibrate Depth Lens". Laat de "e" los wanneer de muispijl op deze optie staat, de "Calibrate Depth Lens" tool wordt daardoor geactiveerd.
- Er verschijnt een bericht: "Please press the button to assign to tool function". Klik hierop. Je hebt nu een kalibratie tool aangemaakt die we gaan vullen met kalibratie data.
- Zoek een volledig vlak oppervlak, en richt de camera recht op dat vlak vanaf meerdere afstanden. Zorg ervoor dat de camera alleen maar het vlak bekijkt, en geen andere dingen en dat er geen gaten in het hoogtebeeld zijn. Omdat wij deze kalibratie uitvoeren terwijl de Kinect camera al gemonteerd is op de ARS, bewegen we een effen plaat als vlak, in plaats van de camera zelf te bewegen.
- Lijn dan de Kinect camera uit. Uitlijnprocedure:
 - Bepaal een gemiddelde-diepte frame door "Average Frames" te selecteren in het hoofdmenu, en wacht totdat een stilstaand diepte-frame getoond wordt.



- o Maak een bindpunt aan door te klikken op de eerste knop die aan de "Calibrate Depth Lens" tool hangt.
- o De-selecteer het hoofdmenu-item "Average Frames", en herhaal deze uitlijnprocedure vanaf hierboven totdat de oppervlakte voldoende is beschreven vanaf voldoende verschillende afstanden.
- Nadat alle bindpunten bepaald zijn, klik op de tweede knop die aan de "Calibrate Depth Lens" tool hangt, om de per pixel dieptecorrectie te berekenen.
- Dan zal een dieptecorrectie-bestand gemaakt worden in de configuratiemap van het Kinect 3D video capture project. Ook wordt een statusbericht geprint naar de terminal.

Intern kalibreren van de Kinect (b): hoe?

- Maak een semi-transparant kalibratie-object in de vorm van een schaakbord met witte en transparante vakjes. De transparante vakjes zijn nodig omdat de dieptecamera anders geen schaakbordpatroon kan waarnemen. De dieptecamera moet immers hetzelfde beeld zien als de kleurencamera.
 - o Teken een digitaal schaakbord, 7 x 5 vakjes, elk 8.9 x 8.9cm, de hoekvakjes zijn alle vier wit.
 - o Print dit af op papier.
 - o Kleef het papieren schaakbord op een glasplaat, doe de lijm hierbij vooral op de witte vakjes.
 - o Snij de donkere vakjes dan uit, verwijder ze, en probeer de vrijgekomen vakjes zo transparant mogelijk te houden (geen stof, lijm, ...).
- Open de RawKinectViewer en bepaal bindpunten als volgt:
 - o Toon het schaakbord aan de kinect camera vanuit één willekeurige hoek en afstand
 - o Klik rechts met de muis om de popup menu te krijgen met de "Draw Grids" tool
 - o Bepaal een gemiddeld dieptekader door de "Average Frames" te selecteren uit het hoofdmenu. Wacht tot een stilstaand dieptekader getoond wordt.
 - o Sleep de virtuele roosters uit de diepte- en kleurframes met behulp van de eerste knop die aan de "Draw grid" tool hangt totdat de virtuele rooster precies gelijkvalt met het kalibratie-object. Gelijkvallen met het diepte-frame is nogal moeilijk vanwege de wazigheid van dieptecamera. Het vergt wat oefening. Probeer gewoon de best passende match te vinden. In het geval van de ARS is een match met de dieptecamera voldoende. Het kleurenrooster is niet belangrijk, aangezien voor de ARS alleen maar de dieptecamera gebruikt wordt.
 - o Klik op de tweede knop van de "Draw grid" tool om het zojuist aangemaakte kalibratiepunt (bindpunt) op te slaan.
 - o Deselecteer het hoofdmenu van de "Average Frames"
 - o Herhaal het aanmaken van een bindpunt met telkens een andere hoek en/of afstand
- De derde knop bij de "Draw Grid" tool laat je alle reeds bepaalde kalibratiepunten zien in een overzicht. Wanneer alle punten bepaald zijn, klik op de vierde knop van de "Draw Grid" tool om de interne kalibratieparameters te bepalen van de Kinect camera. Dit wordt weggeschreven in een intrinsiek bestand in de Kinect 3D video capture project's configuratiemap

Stap 2 – Bepaal het basisvlak van het zand

Omdat de Kinect camera op gelijk welke hoek naar het zand kan gericht worden, moet er een vergelijking gemaakt worden van het basisvlak van het zand ten opzichte van de camera ("base plane equation"). Hiervoor gebruiken we de "plane extraction" tool van de RawKinectViewer. Dit is stap 4 in het oorspronkelijke readme-bestand van de software.



Het **basisvlak** staat voor een hoogte van **nul meter**. In hoogtekaarten is hoogte nul gelijk aan **zeeniveau**. Je kan dit niveau reeds in deze stap naar believen aanpassen (dat kan ook later).

De vergelijking van het basisvlak bepalen: hoe?

- Voor een goede kalibratie maak je het zand eerst volledig vlak.
- Vervolgens bepaal je het gemiddeld dieptekader in de RawKinectViewer. (Vrui-3.1/bin/RawKinctViewer): Klik rechts op de muis zodat een popup menu verschijnt (let op: een ander popup menu verschijnt wanneer je op de toets "e" duwt). Klik in het menu op "Average Frames" en wacht totdat het dieptebeeld stabiliseert. De gemiddelde hoogte van het zandvlak is hiermee berekend.
- Vervolgens gaan we het zandvlak afbakenen waarop die gemiddelde hoogte van toepassing is. Druk de "e" toets in, zodat een ander popup menu verschijnt. Klik op de "Extract planes" tool in het menu.
- Ga met de muispijl naar de linker benedenhoek van het grijs afgebeelde zandvlak. Sleep dan een kader dat gelijk is aan het grijs afgebeelde zandvlak, terwijl je de "e" ingeduwd houdt, maar zonder op de muis te klikken. Je laat de e los als het kader gesleept is. Zo teken je een dieptekader dat alleen maar afgevlakt zand bevat. Wanneer je loslaat, zal de toepassing de vergelijking berekenen van het gemiddelde zandvlak die best past bij de geselecteerde dieptepixels. Twee versies van deze vergelijking worden naar de terminal geschreven (die je kan zien door "Esc" in te duwen):
 - vergelijking voor dieptebeeld
 - vergelijking voor camera

Alleen de tweede is van belang, en ze ziet er zo uit (=extract-planes-vergelijking):

- x * (normal_x, normal_y, normal_z) = offset
- Deze vergelijking moet overgeschreven worden in het ARS layoutbestand "Boxlayout.txt":
 - o Open Boxlayout.txt uit de ARS configuratiemap: src/SARndbox-1.6/etc/SARndbox-1.6/boxlayout.txt
 - De eerste lijn bevat een vergelijking van dit type (=ARS-layout-vergelijking): (normal_x, normal_y, normal_z), offset
 - Neem nu de x-, y-, z-, en offset-waarden van de vorige stap (extract-planes-vergelijking) over in deze ARS-layout-vergelijking. Let op, je kan niet gewoon de extract-planes-vergelijking kopiëren, want die heeft een lichtjes andere vorm. Het wordt aangeraden om de nieuwe ARS-layout-vergelijking eerst op papier te zetten.
- Wil je het nulniveau (zeeniveau) verhogen: verhoog de offset waarde in de vergelijking.
 Wil je het nulniveau (zeeniveau) verlagen: verlaag de offset waarde in de vergelijking.
 De offset waarde heeft als eenheid centimeter (afstand tussen basisvlak en camera).

De daarop volgende vier lijnen van de ARS layout file zijn de x-y-z-coördinaten van **hoekpunten van het meetbereik** op het zand, en worden via de volgende kalibratiestap ingevuld, hieronder uitgelegd.

Stap 3 – bepaal het meetbereik van de camera

De ARS moet 'weten' waar de zandbak begint en eindigt ten opzichte van het basisvlak. Hiervoor worden de **3D posities** gemeten van de **vier hoeken** van het afgevlakte zand, gebruik makend van de KinectViewer en een 3D measurement tool. Dan worden deze posities ingevoerd in de ARS layout file. Dit is stap 5 in het oorspronkelijke readme-bestand van de software.



Het meetbereik bepalen ten opzichte van het basisvlak: hoe?

• Start de KinectViewer.

Opgelet: bij één van de pogingen om de kalibratie uit te voeren, hebben wij ondervonden dat de KinectViewer niet wilde opstarten. We hebben de onderstaande procedure dan volledig uitgevoerd in de **Raw**KinectViewer. Dit was een goede oplossing. De kalibratie is op die manier prima gelukt.

- Maak een 3D measurement tool als volgt:
- Toon het popup menu door de "e" toets in te duwen. Klik op "measure 3D position".
- Meet de 3D posities van de vier hoeken van het afgevlakte zand in deze volgorde:
 - 1. beneden links
 - 2. beneden rechts
 - 3. boven links
 - 4. boven rechts

door de muisaanwijzer naar de hoeken van het virtuele beeldvlak te brengen, en in elke hoek 1 keer de "e" toets even in te duwen en weer los te laten (je ziet hierbij elke keer een klein venstertje verschijnen die de lopende meting meldt).

- De "measurement tool" zal zijn metingen bewaren in een bestand in de huidige map, met de naam MeasurementToolXXXX.dat. Dit bestand bevat 1 lijn per bepaald meetpunt, voorafgegaan door "navigational position" en gevolgd door de x, y en z coordinaten. Je ziet dit bestand in de terminal door op de "Esc" toets te duwen.
- Kopieer en plak de coordinaten van elk punt in de ARS layout file (BoxLayout.txt) in dezelfde volgorde zoals hierboven.

Stap 4 – Het projectiebeeld doen samenvallen met de hoogtemetingen van de Kinect camera

Het hoogtemodel dat op het zand geprojecteerd wordt, moet mooi samenvallen met de gemeten hoogtes op de exacte plaatsen. Alleen zo krijgt men het bijzondere augmented reality effect. Daarom is een kalibratie van de projector nodig, met behulp van de "CalibrateProjector" tool. Dit is stap 7 in het oorspronkelijk readme-bestand van de software. Naast de software heb je ook een object nodig waarop de hoogtemeting en het beeld met elkaar zullen uitgelijnd worden. Hiervoor gebruiken we een CD waarop een rond stuk papier gekleefd wordt:

- Teken digitaal een **cirkel** met diameter 11,5 cm, met een kruis door het middelpunt (bijvoorbeeld in een powerpoint dia).
- Print dit af en knip de cirkel uit. De afmeting hoeft niet exact 11,5 cm te zijn.
- Kleef de papieren cirkel met het kruis op een CD. Het middelpunt van het kruis moet samenvallen met het middelpunt van de CD.
- Snij uit een kartonnen rolletje (van keukenpapier/toiletpapier bijvoorbeeld) cilinders van veriërende hoogtes, bijvoorbeeld 2.5 cm, 5cm, en 10cm hoog. Deze cilinders zullen gebruikt worden om de CD op te leggen, en zo kalibraties te doen op enkele verschillende hoogtes.





Foto van de CD (2 stuks, maar 1 is voldoende) en de cilinders, waarmee ESERO de kalibratie van het projectiebeeld uitvoert. De kartonnen cilinders kunnen ook een kleinere diameter hebben.

Het projectiebeeld kalibreren: hoe?

- Zorg ervoor dat het zand vlak is en dat er geenenkel voorwerp op ligt (dus dat de camera alleen maar het zandvlak meet). Het zandoppervlak mag vanaf nu niet meer verstoord worden door zand te verplaatsen of door een ander voorwerp dan het kalibreerobject (de CD) erop te leggen.
- Activeer de toepassing CalibrateProjector in de map SARndbox-1.6/bin/. Deze toepassing zal eerst het huidige zand-oppervlak als achtergrond opnemen. Zolang deze opname bezig is, zie je een rood gemaakt beeld. Je moet wachten totdat het rood verdwijnt om verder te doen. De toepassing moet in full screen modus lopen.
- De gebruikte tool moet de exacte pixelgrootte kennen van het geprojecteerde beeld. De standaard ingegeven pixelgrootte is deze van een projector met een beeld van 1024x768 pixels. Als uw projector een andere beeldresolutie heeft, dan dien je dit aan te passen. Dit doe je met het -s <width> <height> commando.
- Nu moet je twee toetsen koppelen aan de volgende 2 functies:
 - 1 : bepaal een bindpunt (capture a tie point)
 - 2 : bepaal het zandoppervlak opnieuw (recapture the sand surface)
- Voor het gemak zullen we de toetsen "1" en "2" hiervoor gebruiken:
 - Druk "1" in en houd ingedrukt. Er verschijnt een pop-up menu. Wijs "capture" aan met de muis en laat dan de knop "1" los.
 - Een nieuw dialoogvak verschijnt. Druk nu "2" in en laat terug los. (duw "1" niet opnieuw in, want anders verdwijnt de aangemaakte tool onder "1" terug)
 - Het dialoogvak verdwijnt. De twee tools zijn nu aangemaakt.
 - De tool "2" zal je enkel gebruiken wanneer het zandoppervlak tijdens het kalibratieproces verandert, bijvoorbeeld als je een put maakt om een lager bindpunt te kunnen bepalen, of als het zandoppervlak per ongeluk verstoord wordt tijdens het kalibreren (beeld wordt dan terug rood totdat de recapturing ten einde



- is). De eerder bepaalde bindpunten zullen hierdoor niet verdwijnen. Voor de rest gebruik je terug tool "1" om alle bindpunten te bepalen.
- Plaats nu de CD (kalibratievoorwerp) boven het zand (op kartonnen koker) zo dat het kruispunt op de CD perfect gelijkvalt met het kruispunt van de geprojecteerde lijnen.
- De CD zal in het projectiebeeld gezien worden als een gele cirkel. Aangezien de kalibratie nog moet beginnen, zal deze gele cirkel niet op de CD zelf liggen. Andere voorwerpen die boven het zandoppervlak gezien worden, vormen een groene vlek in het projectiebeeld. Als alles goed gaat, dan moet je dus een stilstaande gele cirkel zien, en als je je hand naast de CD houdt, dan zie je eveneens een groene vlek naast de gele cirkel. Test dit even uit door je hand naast de CD te houden.
- Doe nu je hand (of elk ander voorwerp dan de CD) weg van de zandbak, en duw toets "1" één keer in. Hiermee is een bindpunt bepaald. Wacht totdat de computer hiermee klaar is.
- De CalibrateProjector tool zal nu een nieuw kruispunt van lijnen aanduiden. Op dat nieuw kruispunt herhaal je de procedure voor het bepalen van een bindpunt. Doe dit ongeveer 10 keer, en varieer hierbij de hoogte van de CD (door te variëren met het kartonnen kokertje eronder). Bij elk nieuw bindpunt zal de gele cirkel meer samenvallen met de CD.
- Wanneer een volledige set bindpunten bepaald is, dan zal de tool automatisch de kalibreermatrix berekenen en opslaan in een bestand. Elk bijkomend bindpunt zorgt automatisch voor een update van dit bestand. Wanneer het resultaat bevredigend is, kan je de CalibrateProjector tool sluiten.
- De tool voorziet ook een test modus bij het bereiken van een volledige set bindpunten. Je ziet dan een rood kruis die moet samenvallen met het kalibreerobject (de CD) op elke willekeurige plaats.

Is de kalibratie gelukt?

Wanneer u een ARS gebouwd heeft met dezelfde afmetingen en type projector als de ESERO ARS, dan zal u na kalibratie nog afwijkingen hebben tussen het werkelijk zandreliëf en het projectiebeeld van ongeveer 1 cm of minder. Naar de randen toe kan de afwijking groter worden.

Parameters

SARndbox provides a plethora of configuration files and command line options to fine-tune the operation of the Augmented Reality Sandbox as desired. Run SARndbox -h to see the full list of options and their default values, or refer to external documentation on the project's web site.

Het virtueel water aan- en afzetten

De real-time watersimulatie vereist een hoge rekenkracht van de computer (CPU en grafische kaart). Je kan deze echter afzetten, zodat enkel het hoogtemodel getoond wordt.

turn off the water simulation, using the -ws 0.0 0 command line option to SARndbox or reducing its resolution using the -wts <width> <height> command line option with small sizes, e.g., -wts 200 150, for initial testing



Hoogtemodel: aanpassen van de kleuren per hoogte-interval

De kleuren van de hoogte-intervallen kunnen vrij aangepast worden door de gewenste RGB codes voor elk hoogte-interval te wijzigen in het bestand "heightcolormap.cpt". Dit bestand ziet er als volgt uit:



Dit bestand is te vinden op deze locatie: SRC/SARndbox-1-6/etc/SARndbox-1-6/heightcolormap.cpt

Open het bestand en ga met de cursor naar de R-, G-, of B-waarde die je wilt aanpassen. Schrijf de nieuwe code op de plaats van de oude. De spaties die er reeds staan zijn belangrijk, en mogen niet gewist worden. Bewaar de veranderde codes door te klikken op 'save' bovenaan het venster.

Het is echter mogelijk dat de projector van de ARS **andere kleuren** geeft dan je op het computerscherm bij deze codes ziet verschijnen. Om de ideale waarden voor één bepaalde projector te ontdekken, moet men dus via trial and error op zoek gaan. Ook de **hoogteklassen** kunnen naar willekeur gewijzigd worden door simpelweg andere waarden te typen. Probeer de breedte van de kleurklassen uit door trial and error.



Mobiliteit van de ESERO ARS

Verplaatsbaar

Indien u de ARS van ESERO nabouwt, dan zal dit toestel gemakkelijk demonteerbaar zijn, zodat hij kan verplaatst worden naar andere lokalen. Dit kan eenvoudig door de onderdelen apart te dragen of door alles op een karretje te plaatsen.

Met de wagen

Indien u de ARS wilt verplaatsen naar een ander adres met de wagen, dan moet u beschikken over een grote personenwagen of een bestelwagen (camionette). Het grootste onderdeel is de houten bak voor het zand (L 110cm B 80cm H 30cm). De langste onderdelen zijn de vier vertikale metalen profielen: 2 meter lang. Verder nemen de bakken met zand relatief veel ruimte in.

Is uw wagen groot genoeg? Oordeel zelf: hieronder staat een foto van de volledige gedemonteerde ARS, om een indruk te geven van het totaal volume.





ESERO ARS lerarenvorming

ARS lerarenvorming in jouw organisatie

Hoe vraagt u een ARS vorming aan?

Elke organisatie kan ESERO Belgium gratis laten komen om een gratis lerarenvorming te geven over aardobservatie. Om dit aan te vragen, dient u aan volgende voorwaarden te voldoen:

- Er moeten **minstens 15 leraren** aanwezig zijn op de vorming. Het kan over leraren in beroep of leraren in opleiding gaan (studenten lerarenopleiding). Ook ander onderwijspersoneel kan deelnemen, zoals een pedagogisch begeleider, schooldirecteur, educatoren, ...
- De deelnemers moeten tewerkgesteld zijn in het Belgisch onderwijs.
- De vorming moet **minstens 2 uur** duren.
- U stelt zelf een geschikt **lokaal** ter beschikking. Indien u niet beschikt over een lokaal, maar wel minstens 15 leraren kan samenbrengen, neem dan contact op met ESERO Belgium. Mogelijks kennen wij een partner in uw buurt die een geschikt lokaal heeft.

Als u aan bovenstaande voorwaarden voldoet, kan u **een vorming aanvragen**. Neem contact op met ESERO Belgium om een datum, uur en plaats af te spreken (<u>www.esero.be</u> > Nederlandstalig > contact).

De vorming is **gratis**. ESERO Belgium rekent u geen kosten aan. ESERO Belgium zal zelf ook geen onkosten vergoeden aan de organisator of de deelnemers.

De **cursussen** worden online ter beschikking gesteld. Er worden geen papieren versies geleved door ESERO Belgium.

Wat moet u zelf voorzien?

Voor de ESERO vorming over aardobservatie met de ARS, zal u zelf een aantal zaken moeten voorzien (kosteloos):



Een stabiele **TAFEL** om de ARS op te plaatsen: De ARS rust op enkele balkjes dus geen kleine pootjes, zodat de grootte van de tafel mag variëren. De ideale afmeting is 75x130 cm. Een iets langere tafel (vb. 150cm) is handiger. Maar ook als de tafel wat smaller en/of korter is, lukt het wel. Liever een lage tafel dan een hoge. Ook een tafel van bijvoorbeeld 50 cm hoogte is geschikt. De ARS (met zand) weegt ongeveer 130kg. Vergelijk het met 2 personen die op de tafel zitten. De tafel moet dus een zekere stevigheid hebben, maar de meeste 'gewone' tafels hebben dat

voldoende.



Een lokaal met hoog plafond: De hoogte van de ARS is 230cm. Dus het plafond moet minstens (tafelhoogte+230cm) hoog zijn. Bij voorkeur nog iets hoger, om de projector gemakkelijk te kunnen plaatsen bij de montage. Zoniet, dan moet de zandbak op de grond staan, maar dat is onhandig.
Een zelfstaande LADDER: Absoluut noodzakelijk! Zonder ladder is het opstellen en opstarten van ARS onmogelijk. De ladder moet constant naast het toestel beschikbaar blijven.
Een STOPCONTACT op maximum een meter afstand van de tafel, of anders een verlengdraad die op een veilige manier van het muurcontactpunt naar de ARS kan gelegd worden.



Gebruik van de ARS: handleiding

Waarom een handleiding?

Stel: u hebt voor uw school een kopie gemaakt van de ESERO ARS. Hij is helemaal afgewerkt, en u gebruikt hem in de klas. Mogelijks zullen collega's u vragen om het toestel te mogen gebruiken in hun eigen klas. Dan kan het handig zijn om andere gebruikers een handleiding mee te geven, waarin uitgelegd wordt hoe je het toestel kan monteren en demonteren, en hoe je het toestel activeert of bepaalde functies gebruikt.

Zo'n handleiding vindt u hieronder. Er wordt hierbij verondersteld dat er geen nieuwe kalibratie nodig is omdat de camera en projector elke keer precies op dezelfde plaats terecht komen.

De ESERO ARS monteren: stap voor stap

DE ZANDBAK MET STELLING

- zet de lege bak op een stabiele en sterke tafel (totaal gewicht zal net boven de 100 kg liggen, vergelijkbaar met 2 volwassenen die op de tafel zitten). Zorg dat er naast de bak ook plaats is voor een computer, en dat er dicht in de buurt een stopcontact aanwezig is. Kies een plaats waar het licht kan gedempt worden.
- 2) Monteer de vier grote metalen hoekprofielen (2 m lang elk) in de vier binnenhoeken van de bak. Zorg dat de etiketten met nrs 1 2 3 en 4 rechtop staan. Op de hoekpunten op de houten voet van de bak staan eveneens de nummers 1, 2, 3 en 4. Bevestig elk vertikaal profiel op de hoek met het overeenkomend nummer.
- 3) Monteer de horizontale aluminium latten met nrs 1 2 3 en 4 op de aangeven hoogte (cameraniveau) en overeenkomstige nummers van de vertikale profielen.
- 4) Monteer de horizontale aluminium latten met nrs 5 6 7 en 8 op de aangeven hoogte (projectorniveau) en overeenkomstige nummers van de vertikale profielen.

DE KINECT CAMERA

Hieronder wordt beschreven hoe je de **draagstructuur van de Kinect** in mekaar steekt. Meestal wordt dit draagniveau voor de Kinect niet uit elkaar gehaald, en kan je onderstaande montering overslaan.

- 1) Neem 2 draadstaven van 67 cm (ronde staven met schroefdraad).
- Bouw de rest als op de tekening hieronder. Let op dat je alle moeren op de juiste plaats bevestigt alvorens het volgende te bevestigen. Begin bij nummers 15 en 16 en eindig bij 9 en 10.
- 3) Je kan heel dit gedeelte gewoon op een tafel maken, en daarna in zijn geheel op de stelling vastmaken (namelijk op punten 17 en 18).





DE PROJECTOR

Hieronder wordt beschreven hoe je **de draagstructuur van de projector** in mekaar steekt. Meestal wordt dit draagniveau voor de projector niet uit elkaar gehaald, en kan je onderstaande montering overslaan.

- Maak nu de dragende structuur voor de projector. Wacht nog even met de nummers 19+20 en 31+32. Maak eerst al de rest op een tafel, en bevestig dan pas het geheel in de stelling.
- Aan de vijsjes op 27, 28, 29, 30 moeten de metalen geperforeerde linten hangen in U-vorm naar beneden. De projector rust hierop.
- 3) Pas nadat de projector hierop geplaatst is, kunnen de moeren 21, 22, 23, 24 aangedraaid worden om de projector vast te klemmen.





AFWERKING

- 1) Zet nu de hele ARS op de juiste plaats, en doe het zand erin. Zorg dat de draaidop aan de onderkant zeker dicht is.
- 2) Maak het zand volledig vlak met een lat of vuilblik.
- Bevestig nu de kabels aan de projector (stroom + VGA), en verbind ze met de computer en de stroombron. Bevestig zo nodig kabels met plakband aan één van de vertikale profielen.
- 4) Verbind de **kabels** van de **Kinect camera** (stroom + datakabel) met de computer en de stroombron.
- 5) Zet de projector aan (ladder nodig).
- 6) Zet de **computer aan** en wacht totdat het bureaublad verschijnt op het afgevlakte zand.
- 7) Dubbelklik op de **SARndbox toepassing** op het bureaublad en wacht todat het hoogtemodel verschijnt. Maak dan een put en berg in het zand.
- 8) Schuif nu voorzichtig de Kinect wat naar voor of naar achter om het dal en de berg van het hoogtemodel zo goed mogelijk te doen samenvallen met de werkelijke put en berg in het zand. Die verschuiving is mogelijk doordat de twee draadstaven kunnen bewegen in de gaten van het horizontale profiel.
- 9) Klaar voor gebruik !



De belangrijkste functies om de ESERO ARS te bedienen

Starten en stoppen van de SARndbox toepassing

Optie 1: met snelkoppeling

- **Starten**: De maker van de ARS op uw school heeft een snelkoppeling naar de toepassing op het bureaublad geplaatst. Hierop kan je dubbelklikken om te starten ofwel daarop rechtsklikken, en dan kiezen voor 'run'.
- **Afsluiten**: "Escape" (toetsenbord): om de toepassing te eindigen en terug naar het bureaublad te gaan.

Optie 2: via terminal

- Starten: Kies in het menu van UBUNTU voor "terminal".
 Ga naar het volgende adres: /src/SARndbox-1.6/bin
 Geef aan dat je de toepassing wilt starten met het commando "./SARndbox"
 Druk op enter
- **Afsluiten**: "Escape" (toetsenbord): om de toepassing te eindigen en terug naar de terminal te gaan.

Toevoegen van virtuele regen

- Hou je hand of een ander voorwerp boven het zand.
- Als het hoogtemodel op die plaats wit kleurt, dan betekent dit dat je hand nog onder de maximum erkende hoogte hangt. Je hand wordt dan gezien als een hoge berg. Verhoog nu je hand totdat er geen 'hoge toppen' meer onder verschijnen.
- Op deze hoogte zal je hand gezien worden als een **regenwolk**. Het water begint eruit te lopen, en zoekt zijn weg naar de laagste delen.
- Om de regen te **stoppen**: trek je hand weg en zorg dat er ook geen andere objecten boven het zand hangen.

Veranderen van waterpeil

Optie 1: reset

Als reeds heel veel regenwater toegevoegd werd, dan wil je misschien het aanwezige waterpeil terug verlagen. Je kan via "esc" de toepassing verlaten, en dan onmiddellijk weer opstarten, zodat het water terug weg is.

Optie 2: snelkoppelingen

- Druk op de "e" toets, en houdt ingedrukt.
- Klik ondertussen rechts op de muis op een willekeurige plek.
- Een klein menu verschijnt, één van de opties is "water management".
- Ga met de muis naar deze optie en laat dan pas de "e" los. Je bent nu in een water management modus.
- Nu kan je twee toetsen gebruiken om het waterpeil aan te passen (houdt ze even ingedrukt, en kijk naar het effect):



- "e" om het waterpeil te verhogen
 "1" om het waterpeil te verlagen



Bijlage

UBUNTU commando's

De **commando's** die u meest nodig heeft bij het installeren en gebruiken van de SARndbox applicatie:

./	Als u op het juiste adres bent van een bepaalde applicati, dan moet u voor de
	naam van de applicatie punt-slash typen. Bijvoorbeeld: ./RwaKinectViewer is het
	commando om de RawKinectViewer te 'runnen'.
pwd	Geeft het adres op waarin de gebruiker momenteel zich bevindt.
cd	'change directory'
	Laat toe om terug naar de home-drive te gaan
cd	Laat toe om 1 map terug te gaan (1 niveau hoger)
ls	Geeft lijst van bestanden onder huidige map
Ls -al	Geeft lijst van bestanden onder huidige map + eigenschappen van de bestanden
Lsusb	Geeft lijst van alle apparaten die op de USB poorten zitten.
Locate	Zoeken naar een bestand/applicatie in heel de computer.
r/	Vertrekken van de Home Directory
rm	'remove' : uitwissen
clear	Het huidige venster terug leegmaken
vim	Editor + een map laten zien
i	'insert'
	editor
Esc:q	Een map verlaten
Esciq!	Een map verlaten zonder te bewaren (zonder 'save')
Esc:wq	Een map verlaten en bewaren

Toetsen

Tab	Geeft de map-namen die beginnen met wat je reeds ingetypt hebt
1	Geeft de commando's uit je geschiedenis
Alt+Tab	Wisselen tussen openstaande hoofdapplicaties