

CHALMERS



3D-skanning med strukturerat ljus

En genomgång av en 3D-skanner utvecklad av 3D3 Solutions

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Dataingenjör

DANIEL KRON

Institutionen för data- och informationsteknik

Avdelningen för datorteknik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige, 2012

Innehållet i detta häfte är skyddat enligt Lagen om upphovsrätt, 1960:729, och får inte reproduceras eller spridas i någon form utan medgivande av författaren. Förbudet gäller hela verket såväl som delar av verket och inkluderar lagring i elektroniska och magnetiska media, visning på bildskärm samt bandupptagning.

© Daniel Kron, Göteborg 2012

Förord

Detta examensarbete är utfört av Daniel Kron på Dataingenjörsprogrammet på begäran av Sakib SisteK.

Tack till alla som hjälpt mig genom arbetets gång – Martin Olsson och Daniel Kristoffersson – och ett speciellt tack till Sakib SisteK som både stöttade mig och gav mig möjligheten att arbeta med detta projektet.

Abstract

This paper discusses a 3D-scanner with structured light made by 3D3 Solutions and how to use it for scanning and calibration. The purpose of this is to simplify the learning process for it and to show its strengths and weaknesses. To get good scanning results you can't just start scanning. First off, preparation is needed in the form of calibration and some knowledge on the scanning program FlexScan 3D. Walkthroughs for FlexScan 3D, calibration and scanning has therefore been done in order to show in a simple way what can or can't be done. Displays of the scanner's results have been made to show the quality of its images and what it can handle in terms of distance and size. The results show that its strengths lie in the image quality and weaknesses in that it can be problematic to scan with one camera and that the calibration process isn't automated, but has to be done by hand.

Sammanfattning

Detta arbete behandlar en 3D-skanner med strukturerat ljus-teknik utvecklad av 3D3 Solutions och hur man använder den till skanning och kalibrering. Syftet är att förenkla inlärningsprocessen för den samt att visa dess styrkor och svagheter. För att få skanningsresultat är det inte bara att börja skanna. Det behövs lite förarbete i form av kalibrering och en viss kunskap om skanningsprogrammet FlexScan 3D. Genomgångar för FlexScan 3D, kalibrering samt skanning har därför gjorts för att på ett enkelt sätt förstå vad som kan göras eller inte göras. Uppvisningar av skannerns resultat har gjorts för att visa kvalitén på dess bilder och vad den klarar av avståndsmässigt och storleksmässigt. Resultaten visar att dess styrkor ligger i bildkvalitén och svagheter i att det kan vara problematiskt att skanna med en kamera och att kalibreringsprocessen inte är automatiserad utan måste göras för hand.

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.4 Avgränsningar.....	2
2 Metod.....	3
2.1 Arbetsmetod	3
3 Teknisk Bakgrund.....	4
3.1 Hårdvara.....	4
3.1.1 CCD-kameror och objektiv.....	4
3.1 Firewire.....	5
3.3 Mjukvara	6
3.3.1 FlexScan 3D	6
3.3.1 Systemkrav	7
3.3.2 Post Processing Software.....	8
3.3.2.1 GOM Inspect	8
3.3.2.2 Leios 2	8
3.3.2.3 GeoMagic Studio 2012.....	9
4 Genomförande	10
4.1 En genomgång av FlexScan 3D	10
4.1.1 Kalibreringsfliken	11
4.1.2 Projektfliken.....	14
4.1.3 Settingsfliken.....	18
4.2 Kalibrering.....	19
4.2.1 Att välja typ av kalibrering.....	19
4.2.2 Att välja kalibreringsmönster	19

4.2.3	Varför kalibrering spelar roll	21
4.2.4	Genomgång av en kalibrering	22
4.2.5	Kalibrering med texturkamera	23
4.2.5.1	Kompatibla texturkameror.....	24
4.3	Skanningsprocessen	25
4.3.1	Genomgång av en skanning	25
4.3.2	Skanning av blanka objekt	26
4.3.3	Skanning av små objekt	27
4.3.4	Skanning av stora objekt	28
4.3.5	Skanning av mellanstora objekt.....	28
4.3.6	Skanning med markers	29
4.3.7	Skanning med texturkamera.....	30
4.3.8	Skanning med Single Scan.....	32
4.3.9	Skanningsobjekt på olika avstånd.....	32
5	Resultat.....	35
6	Slutsats.....	37
6.1	Resumé	37
6.2	Kritisk diskussion.....	37
6.3	Fortsatt forskning	38
	Referenser.....	39
	Bilaga – FlexScan 3D patch notes.....	I

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Reverse engineering är ett ofta använt begrepp inom 3D-skanning. Detta syftar på processen att få fram information om ett redan existerande och färdigt objekt. Ett vanligt sätt att göra detta är att plocka isär objektet eller programmet för att sedan analysera dess olika delar.

En vanlig metod för reverse engineering är att skapa CAD-modeller av det färdiga objektet. Denna process kan dock vara tidskrävande och kräver mycket finjusteringar om objektet är detaljerat. Därför är 3D-skanning ett bra alternativ till detta. Genom 3D-skanning kan man skanna ett objekt och direkt få det som en CAD-modell i datorn, utan att ha behövt skapa modellen själv.

Strukturerat ljus är en vanlig teknik inom 3D-skanning. Strukturerat ljus-skanning är processen att projicera ett känt mönster av pixlar, som ofta är rutmönster eller horisontella band på en yta. Genom att se hur det mönstret förvrids då det syns mot ytan kan då scanningsprogrammet göra en rad uträkningar som tolkar djupet och annan information om objektet. Fördelen med denna teknik är dess snabbhet. Det skannas inte punkt för punkt, utan det inskannas flera punkter samtidigt och i vissa fall hela synfältet.

3D-skanning används redan nu ute i arbetslivet på vissa platser - till exempel inom bilindustrin. Det handlar då om produktutveckling.

1.2 Problem

Att utvärdera en 3D-skanner med strukturerat ljus-teknik från 3D3 Solutions.

1.3 Syfte

Syftet med detta arbetet är att förenkla inlärningsprocessen och ge mer ingående förklaringar på hur man går till väga för skanning och kalibrering av 3D-enhet. Arbetet har även som syfte att visa resultaten som kan nås genom att skanna med den valda 3D-skannern.

1.4 Avgränsningar

Tester med andra typer av kameror och utrustning som exempelvis Kinect kommer inte behandlas i den här rapporten.

2 Metod

2.1 Arbetsmetod

För att utvärdera skannern och dess medföljande program skall jag gå igenom hur programmet fungerar och även vad skannern ger för skanningsresultat för att visa både dess styrkor och svagheter. Vissa objekt kan vara svåra att skanna sig och andra svåra att skanna under vissa förhållanden, till exempel att objekt skannas på fel avstånd.

Datainsamling kommer ske genom att kolla igenom manualen som utvecklarna har gett ut på sin hemsida. Denna information kommer användas för att få en helhetsbild av vad programmet har för funktioner och möjligheter och även hur man går till väga för att använda det. En del av arbetet kommer även ske genom testa mig fram i programmet.

Slutsatsdragningen kommer ske genom att kolla hur lätt eller svår kalibreringen är, om skanningen är lätthanterlig och även vad för resultat det blir på bilderna. Jag kommer även ge ett helhetsintryck av hela skannern samt programmet.

3 Teknisk Bakgrund

3.1 Hårdvara

Utrustningen som används består av en 3D-skanner från 3D3 Solutions vid namn HDI Advance R2. Denna skanner består av två CCD-kameror, en projektor och ett stativ. Projektorn har ett visst stöd där kamerorna kan placeras ut i tre olika lägen. Ett inre, mellan och yttre läge finns tillgängligt. Det innersta läget används för små avstånd, det mellersta för mellanlånga avstånd och det yttre till långa avstånd.



Figur 3.1. 3D-skannern HDI Advance R2. [1]

Stativet i sig tillåter tre olika justeringsmöjligheter. Med dessa kan du rotera, luta och vinkla åt sidorna. Detta ger en bra möjlighet till att vara lite mer flexibel med sina skanningar.

HDI Advance R2 tillåter en skanningstid på 0,84 sekunder. [2]

3.1.1 CCD-kameror och objektiv

Kamerorna som används är tillverkade av Point Grey och är av modellen GRAS-20S4M-C och båda har objektiv tillverkade av Fujinon (1.1:4/12.5 mm). Modellnummret på dessa är HF12.5SA-1. Kamerorna är på 2 megapixel och objektiverna är på 5 megapixel. [2]

Kamerorna är av typen av CCD (Charge-couple device). CCD uppfanns 1969 av Willard S. Boyle och George E. Smith vid Bell Telephone Laboratories. Idag har det en stor betydelse vid digital bildbehandling. Skillnaden mellan dessa kameror och traditionella kameror är att CCD fungerar som en sensor som konverterar ljus till elektriska laddningar. Den elektriska laddningen används oftast till att konvertera laddningen genom ett signalbehandlingssystem till ett digitalt värde för att sedan sparas. [3][4]

En annan vanlig teknik i digitalkameror är CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor). Skillnaderna mellan CCD- och CMOS-sensorer är att CCD förflyttar den elektriska laddningen och sedan läser den sedan på sidan av ett datafält. Pixelvärdet för varje pixel kommer sedan konverteras till ett digitalt värde genom att mäta den elektriska laddningens värde och sedan konvertera det till motsvarande binära form. Allt detta görs genom en så kallad Analog-till-digital-konverterare.

CMOS fungerar på ett annat sätt. Här används istället transistorer på varje pixel för att förstärka laddningen och flytta den genom mer traditionella kopplingar.

Båda teknikerna har dock sina för- och nackdelar.

CCD använder mycket ström. Hela 100 gånger mer än CMOS. Fördelen med CCD är att dess bilder blir många gånger skarpare, med väldigt lite brus. CMOS-sensorer å andra sidan är mindre ljuskänsliga.[5]

3.2 Firewire

För att koppla in kamerorna i datorn krävs ett så kallat Firewire-kort. Firewire är en teknik utvecklad av Apple som ofta används för dataöverföring mellan kameror och datorer. Denna teknik är bra om man vill överföra större mängd data på kort tid. Jämförelsevis har Firewire 800 en hastighet på 800 Mbit/s medan USB 2.0 bara har en hastighet på 480 Mbit/s. [6] Gissningsvis är detta orsaken till varför just Firewire användes av 3D3 Solutions.

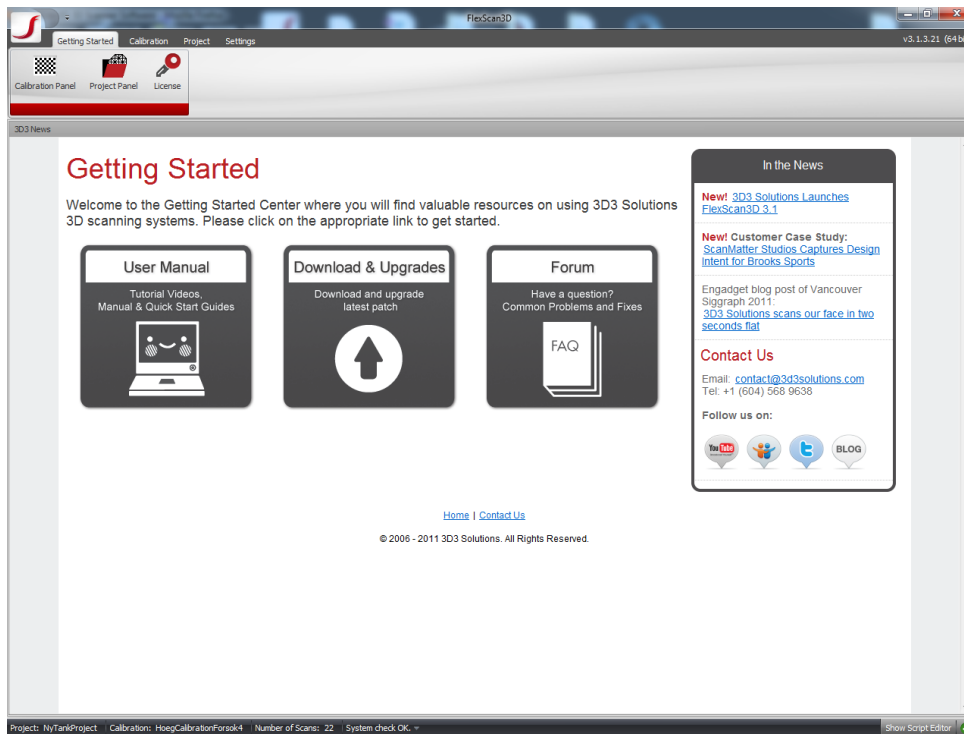
3.3 Mjukvara

3.3.1 FlexScan 3D

Programvaran heter FlexScan 3D och är utvecklad av 3D3 Solutions. FlexScan 3D är ämnat vara ett enkelanvänt program till 3D-skanning. Det är i det här programmet som skanningsresultaten syns efter en lyckad skanning.

För att kunna köra programmet krävs en licens av något slag. Det finns två olika metoder att välja bland. Det ena sättet är att man köper en licensnyckel som är inlagd på en USB-dongle som måste sitta i under programmets gång och det andra är att köpa licensnyckeln i textform och sedan skriva in nyckeln manuellt när programmet startas.

Versionerna som behandlas i denna rapporten gäller från version 3.1.0.5 till 3.1.3.21, samtliga är 64-bitar.



Figur 3.2. FlexScan 3D när det startats upp

För att kunna köra programmet krävs någon slags licens. Det finns två olika metoder att välja bland. Det ena sättet är att man köper en licensnyckel som är inlagd på en USB-dongle som måste sitta i under programmets gång och det andra är att köpa licensnyckeln i textform och

sedan skriva in nyckeln manuellt när programmet startas. [7]

3.3.1.1 Systemkrav

Dessa systemkrav rekommenderar 3D3 Solutions för HDI Advance R1 och R2 samt för FlexScan 3D. [8]

Recommended

- Operating System: Windows 7 (64-bit)
- CPU: Dual- or Quad-core Intel 2 GHz or better
- Memory: 4GB or greater
- Video Card: 512MB
- Hard Drive: Free disk space 50 GB or more

Minimum

- Operating System: Windows XP 32-bit, Windows 7 32-bit
- CPU: 2 GHz Intel Pentium IV or AMD Athlon XP or equivalent
- Memory: 2GB
- Video Card: DirectX 9.0c compatible 64 MB video card (two video outputs)
- Hard Drive: Free disk space 15 GB or more

3.3.2 Post Processing Software

Post processing software är program som behandlar 3D-bilder efter man väl skannat in dem och sedan exporterat i lämpligt filformat. De är bra till efterbehandling av färdigexporterade filer där man kan fylla i hål, mjuka till ytan och så vidare.

3.3.2.1 GOM Inspect

GOM Inspect är ett gratisprogram som används vid editering av 3D-meshes. Det har liknande funktioner som FlexScan 3D har med funktioner som Alignment, smooth och ytjämförelser. Funktionen som dock är mest intressant för mig är “Close holes interactively”, som finns under “Mesh Editing”-fliken. Denna funktion har som syfte att, precis som den heter, stänga hål interaktivt.

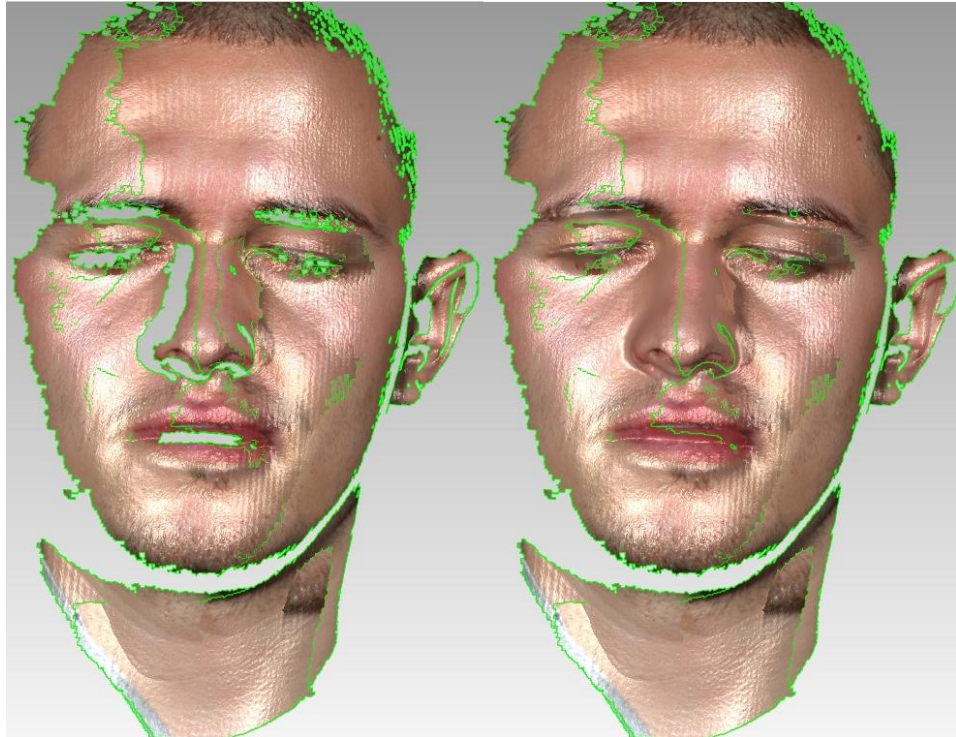
3.3.2.2 Leios 2

Leios 2 är programvara från 3D3 Solutions och har en del intressanta funktioner. Funktionerna som är intressant i detta programmet heter Manual Registration och Global Registration.

Global Registration utför automatiska justeringar på flera mesh-filer och Manual Registration utförs mer manuellt styrda justeringar.

3.3.2.3 GeoMagic Studio 2012

GeoMagic Studio 2012 är också programvara från 3D3 Solutions och har många funktioner gemensamt. Fokuset på GeoMagic studio har jag lagt på dess hålfyllningsfunktion. Skillnaden mellan GeoMagic studios hålfyllningsfunktion och GOM Inspects hålfyllningsfunktion är att GeoMagic Studio kan fylla i hål med textur.



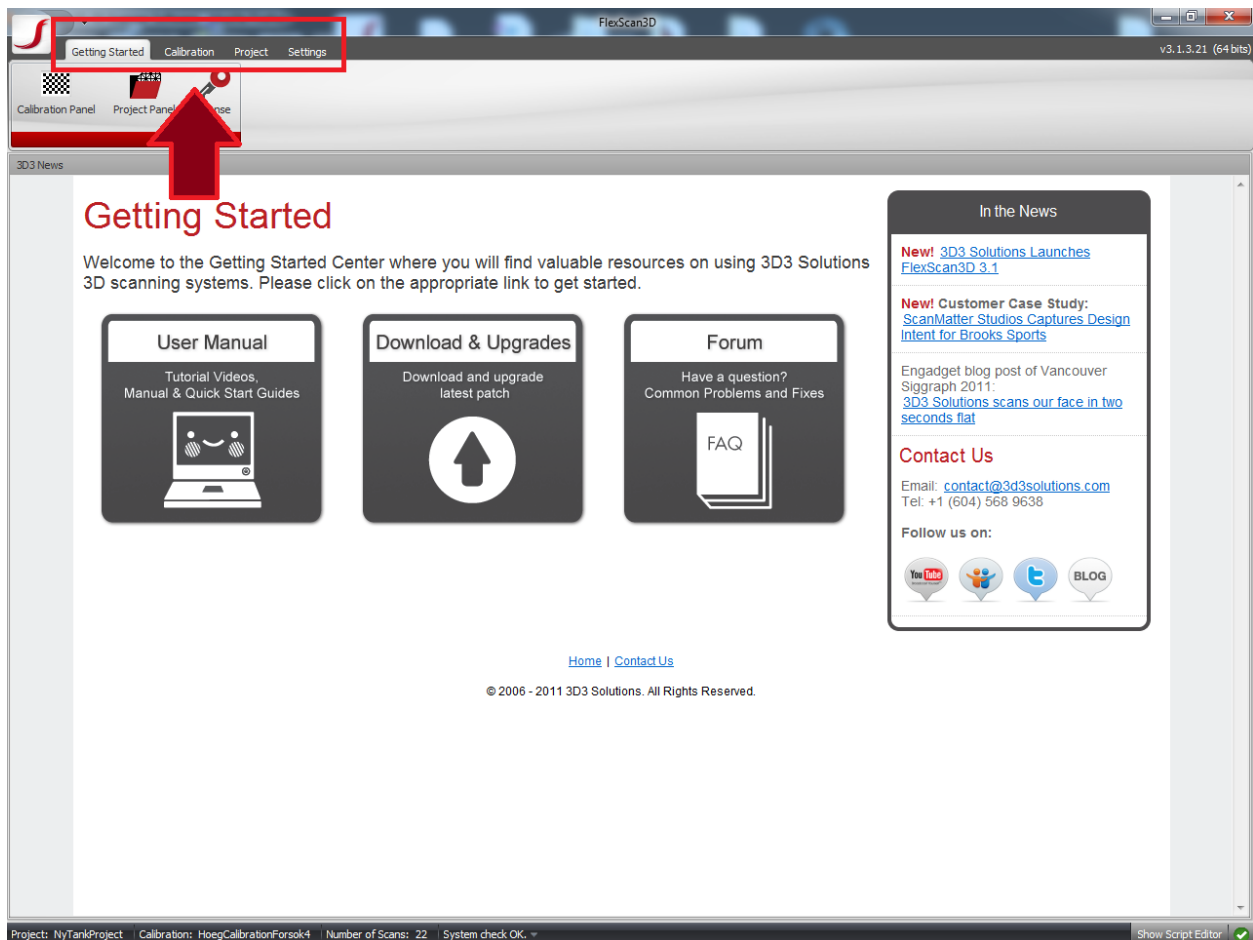
Figur 3.3. Geomagic Studio 2012s hålfyllnadsfunktion före och efter.

4 Genomförande

4.1 En genomgång av FlexScan 3D

Den här delen kommer handla om FlexScan 3D och de flesta av dess olika funktioner som finns tillgängliga.

Som man kan se i figur 4.1. nedan så är det där det man först ser när man startar upp programmet, förutsatt att man har en fungerande licens. På den sidan kan man antingen välja att få upp 3D3Solutions egen användarmanual, kolla efter uppdateringar eller besöka deras forum.

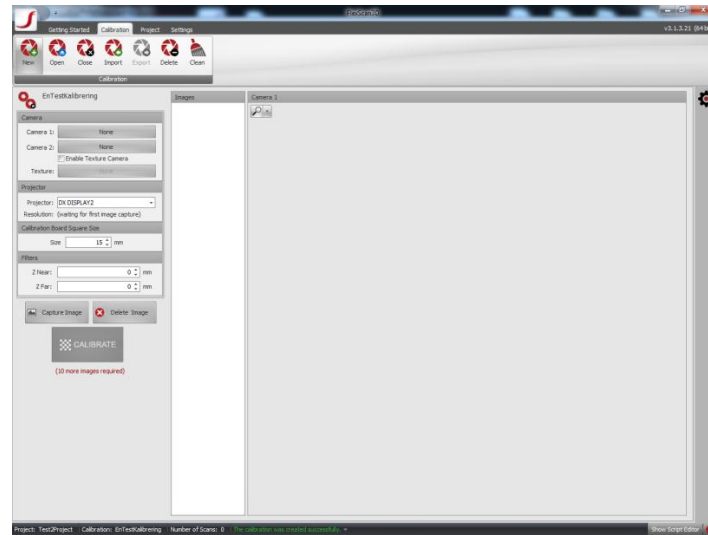


Figur 4.1. FlexScan 3D och dess olika alternativ. Den röda pilen pekar mot rutan där flikarna kan väljas.

För att sedan gå vidare till kalibrering skanning eller ändra i inställningarna är det bara att klicka på valfri flik längst upp till vänster i programmet.

4.1.1 Kalibreringsfliken

Under kalibrering märker man snabbt en massa olika, och till viss del självförklarande knappar.

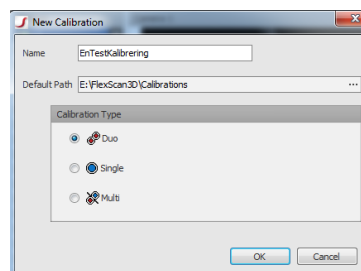


Figur 4.2. En tom kalibrering

Calibration-knapparna

New

Med New innebär det att skapa en ny kalibrering. Följande ruta dyker upp efter ett klick på knappen.



Figur 4.3. Rutan som kommer upp efter ett tryck på knappen New.

Överst får man välja namnet på kalibreringen, därefter där kalibreringen skall sparas och till sist kalibreringstypen. Alternativen som finns att välja på är Duo, Single och Multi.

Ett tips är att välja ett bra namn på kalibreringen så att man snabbt och enkelt kan gå tillbaka till den vid ett annat tillfälle.

Open

Öppnar en redan existerande kalibrering. Här kan man även se nyligen använda kalibreringar.

Close

Stänger ner kalibreringen.

Import

Importera andra kalibreringar från valfri plats.

Export

Exportera kalibreringen till samma eller annat filformat.

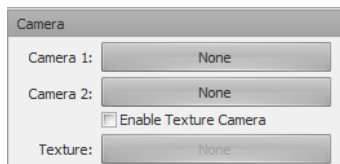
Delete

Tar bort kalibreringen.

Clean

Tar bort alla kalibreringsbilder från kalibreringen.

Camera-knapparna



Figur 4.4. Kameralternativen.

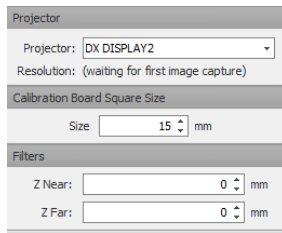
Camera 1 och 2

I detta exempel är det två kameror inkopplade och Duo scan har valts vid kalibreringen. Det är därför två kameror syns inom rutan. För att välja kamera klickas None och man får då upp en ruta som visar tillgängliga kameror.

Enable Texture Camera och Texture

Har man en texturkamera och vill använda den skall denna ruta bockas i. När den väl är ibröckad skall även tillgänglig texturkamera väljas när man klickat på Texture-knappen.

Kalibreringsjusteringar



Figur 4.5. Inställningar för projektorn, kalibreringsbrädan samt upptaget avstånd från skannern.

Vid Projector kan du välja vilken projektor som skall användas ifall man har flera. I detta fallet är projektorn inkopplad på display 2.

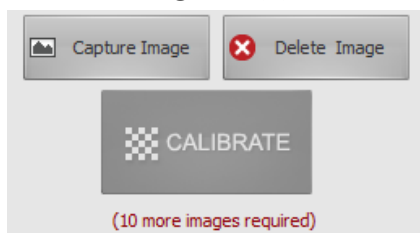
Calibration Board Square Size

Detta är storleken på rutorna på kalibreringsplattan man använder.

Filters

Vanligtvis efter några kalibreringar visas det värden i dessa två rutor. De visar hur nära och hur långt bort kalibreringen behandlar. Det går även att ändra dessa värden själv.

Kalibreringsknappar



Figur 4.6. Knapparna som har med bildtagning och kalibreringsberäkning att göra.

Capture Image

Tar en kalibreringsbild

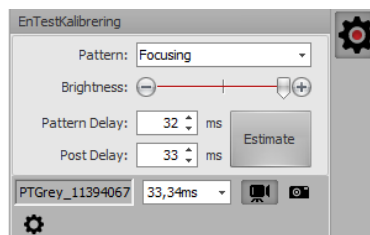
Delete Image

Tar bort markerad kalibreringsbild från listan

Calibrate

Tar hänsyn till alla kalibreringsbilder och utför en kalibrering. Tio bilder krävs för att kunna utföra en kalibrering. Rekommenderade antalet är tjugo. Detta går dock att ändra i inställningsfliken.

Kugghjulet

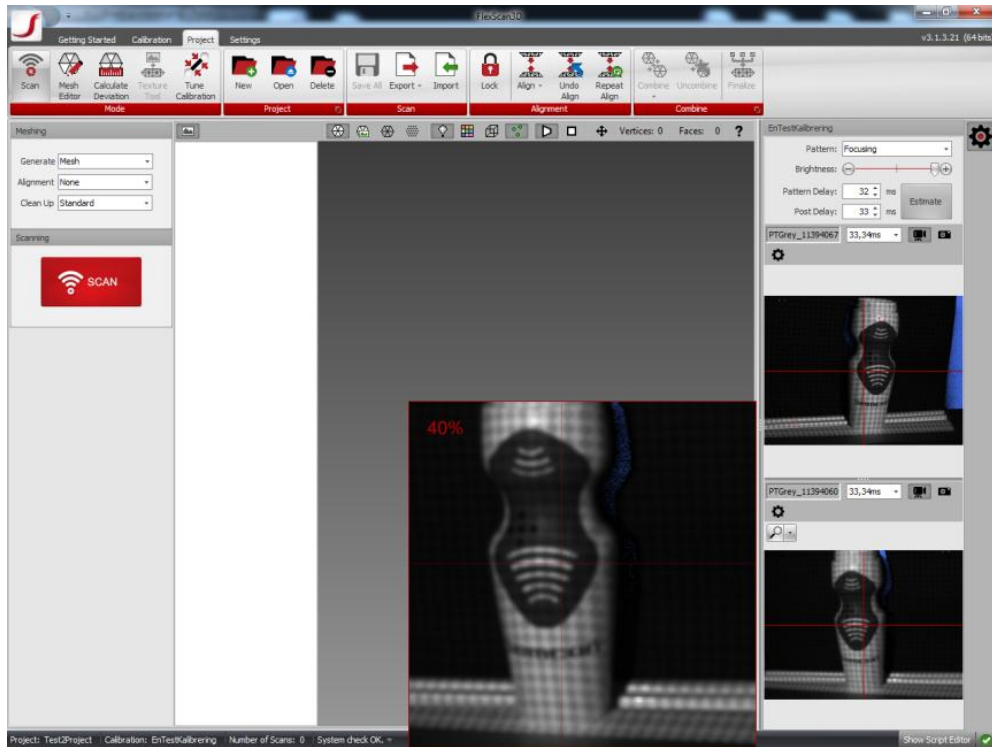


Figur 4.7. Fliken som dyker upp efter man klickat på kugghjulsikonen.

En klick på kugghjulet på högersidan visar kamera- och mönsterinställningar. Pattern visar en lista på olika mönster som projektorn skall projicera mot ytan. Detta för att på lättaste sättet kunna fokusera båda kamerorna och projektorn. Det mönstret som bör väljas är Focusing. Detta av den enkla anledningen att det är det bästa mönstret för fokusering. Resterande knappar är till för olika fördröjningar och exponeringstider.

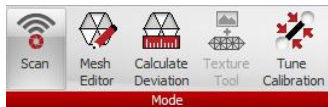
4.1.2 Projektfliken

Det är här själva skanningen sker. Efter en kalibrering är gjord i tidigare avsnitt lyser Scan-knappen till vänster, vilket innebär att programmet är redo för en skanning.



Figur 4.8. En skärmdump av FlexScan 3D med projektfliken markerad.

Mode-rutan



Figur 4.9. Rutan Mode som innehåller knapparna som är viktiga för skanning och bearbetning.

Under Mode finns följande knappar:

Scan

Det här går till skanningsdelen och visar olika inställningar för meshen. Man kan välja vad som ska genereras vid skanning. Det går att få skanningsobjektet som en massa punkter istället för en solid mesh exempelvis. Ett annat alternativ är att välja typen av justering eller alignment. Det sista alternativet är för en upprensning av meshen. Den kan ta bort onödiga punkter.

Mesh Editor

Mesh Editor är till för editering och automatisk bearbetning av meshen. Förutom generering av mesh och upprensning finns det även tre andra alternativ vid namn Smooth, Erode och Decimate.

Smooth mjukar till meshen och får objektet att se lenare ut. Detta kan leda till mindre detaljrikedom.

Erode

Vid varje bearbetning tas det bort ett polygonstycke från meshen. Det medför även att hål blir större.

Decimate

Komprimerar meshen. Det vill säga, tar bort onödiga hörn och ytor utan att försämra bilden särskilt mycket.

Alignment-rutan



Figur 4.10 Innehåller knappar viktiga för justeringar.

Här görs justeringar på mesh-filerna i skanningslistan.

Lock

Låser den markerade meshen så att den inte kan flyttas eller tas bort

Align

Justerar två eller fler meshes så att de hamnar på rätt plats. Alternativen till Align är Mesh Geometry, som är standard för en vanlig bild, eller Markers som skall väljas om man använder så kallade markörer, och till sist Fine alignment som används för finjusteringar.

Undo Align

Ångrar en justering.

Repeat Align

Utför samma justering som tidigare.

Combine-rutan



Figur 4.11. Dessa knappar kombinerar bilder.

Combine

Används för att kombinera och lägga ihop två eller fler meshes till en.

Uncombine

Ångrar markerad kombinerad av bilder och lägger tillbaka dem som enskilda bilder igen.

Finalize

Färdigställa kombinerad och få slutresultatet som en enda mesh-fil.

Ikoner



Figur 4.12. Dessa ikoner befinner sig ovanför bildfönstret och har med bildvisningen att göra.

Ovanför rutan som visar mesh-bilderna finns dessa ikoner.

1. Solid: Om meshen skall visas som en vanlig solid figur
2. Textured: Läger på textur på meshen.
3. Wireframe: Visar meshen som ett rutnät.
4. Points: Visar meshen som punkter.
5. Enable Specular Highlighting: Lyser upp meshen.
6. Use colors: Ger olika meshbilder olika färger för att lätt kunna se var de enskilda mesherna börjar och slutar.
7. Display bounding boxes: Visar en låda runt den markerade meshen för att se hur stor yta det tar upp.
8. Display markers: Om markörer används kan denna ikon klickas i för att ge hittade markörer

ett grönt ljus.

9. Perspective: Ett vy-alternativ.

10. Orthographic: Också ett vy-alternativ.

11. Recenter: Går tillbaka till standardpositionen.

Hotkeys i FlexScan 3D

Det finns några olika sätt att flytta runt objekt eller markera i FlexScan 3D.

Hålla inne vänsterklick: Flyttar runt kameran, dvs perspektivet.

Ctrl + vänsterklick: En lassofunktion som markerar delar av objektet.

Alt + vänsterklick: Flyttar runt det markerade objektet.

Ctrl + vänsterklick/högerklick: Genom att hålla inne båda dessa knappar och röra musen upp och ner fungerar detta som en zoom-funktion.

Scroll-hjulet: Samma funktion som ctrl+vänster-/högerklick.

Ctrl + vänster- + högerklick: Flyttar runt perspektivet i x- och y-led.

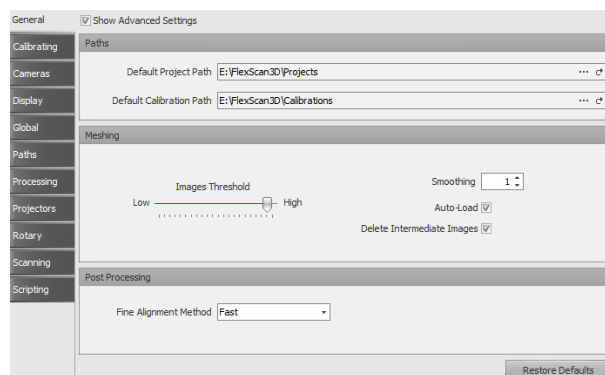
Alt + vänster- + högerklick: Flyttar runt objektet i x- och y-led.

Delete: Tar bort markering.

4.1.3 Settingsfliken

Detta är fliken till höger om Projektfliken och innehåller många inställningar som kan göras.

Figur 4.13. nedan visar utseendet på den.



Figur 4.13. Settings-fliken med "advanced settings" iklickat.

4.2 Kalibrering

“En skannerkalibrering definierar omvandlingen från 2D-bilder till 3D-geometri.” [9]. Vid kalibrering beräknas kamerornas avstånd till projektorn och objekt. Detta för att kunna utföra tillförlitliga skanningar.

Kalibrering behövs göras för att skannern skall kunna hitta punkter på objekt. Utan kalibrering kommer inte någonting att synas i programmet.

4.2.1 Att välja typ av kalibrering

Det finns tre olika typer av kalibrering som 3D3 solutions mjukvara – FlexScan 3D - stödjer. Dessa tre är:

Single scan skall väljas om man vill bara skanna med en kamera aktiverad. Denna väljer man om man vill skanna en större yta åt gången, men är inte så jättenoga med kvalitén på meshen. Tiden det tar att ta en kalibreringsbild är någonstans runt två till tre sekunder. Kalibreringsmönstret måste stå helt stilla under dessa sekunder om man väljer Single scan. Att en person står och försöker hålla upp kalibreringsbrädan rekommenderas alltså *inte*.

Duo scan skall väljas om man vill ha bra kvalitet på 3D-mesherna och en snabb kalibreringsprocess. Denna typ är den rekommenderade att använda. Duo scan är inte bara snabbare att använda, utan det blir även bättre resultat på skanningsbilderna än vid single scan. Varje kalibreringsbild tar bara några hundra delar. Detta innebär, till skillnad från Single scan, att en person kan hålla uppe kalibreringsbrädan medan bilden tas utan att resultatet påverkas.

Multi scan skall väljas om man har fler än en 3D-skanner inkopplad. Denna typ ger möjlighet att få ut samma resultat som med Duo och Single scan, fast på färre knapptryckningar och i och med att man nu har flera skannrar täcks även en större yta.

4.2.2 Att välja rätt kalibreringsmönster

Det finns många olika storlekar på kalibreringsmönster, men det gäller att välja rätt mönster för rätt tilltänkt objekt som skall skannas in. Nedan kan läsas rekommendationer från mina

personliga erfarenheter. Mindre objekt kräver dock större kameraobjektiv än de använda.

En tumregel: Ju längre ifrån objektet är, desto större behandlingsyta blir det.

Korta avstånd och små objekt bör ha liten mönsterstorlek och stora objekt på längre avstånd bör ha större mönsterstorlek. En liten mönsterstorlek på en stor yta kräver fler kalibreringsbilder för att få en bra noggrannhetsprocent än om en större mönsterstorlek skulle använts.

Det minsta mönstret som finns tillgängligt är med en kalibreringsmönsterstorlek på 1 mm. Detta används för mycket små objekt i stil med trådar som har en tjocklek på 1 till 2 mm.

Ett mellanliggande mönster och även det värdet som är standard när en ny kalibrering skapas är 5 mm. Detta används om skanningsobjektet är i storlek av en liten leksaksfigur. Med detta mönster syns detaljer relativt bra än om ett större mönster används.

Vill man skanna objekt i storlek av ett ansikte rekommenderas kalibreringsmönster i storlek 15 mm. Detta mönster går att använda till relativt långt avstånd också (till ca två och en halv meter) innan större mönster rekommenderas.

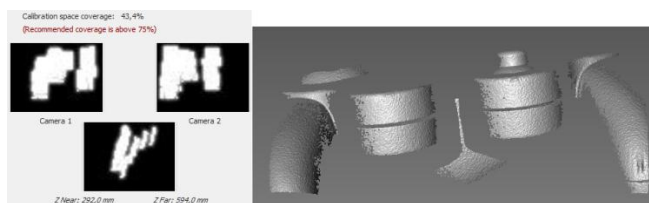


*Figur 4.14. Medföljande kalibreringsbräda. Storleken är 12W x 9H * 15 mm rutor.*

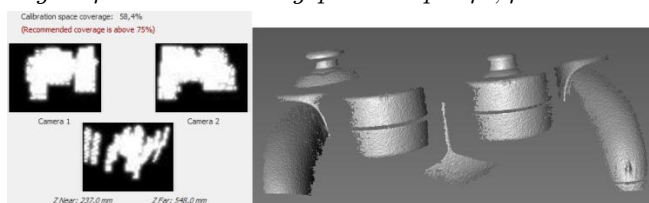
4.2.3 Varför kalibrering spelar roll

Kalibreringen kan vara den jobbigaste och mest tidskrävande delen i hela skanningsprocessen, men kanske även den mest nödvändiga. Som det nämnts tidigare behövs kalibrering göras för att skannern ska uppfatta objektdata.

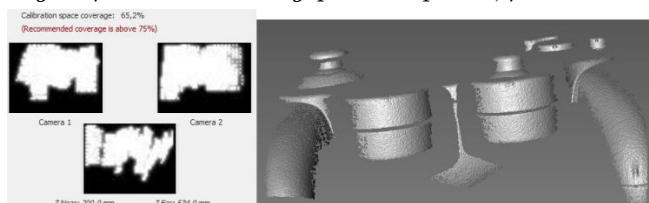
Nedan kan vi se några jämförelsebilder på samma objekt fast med olika kalibreringsvärden. Objektet är en Nintendo Gamecube-kontroll sett framifrån.



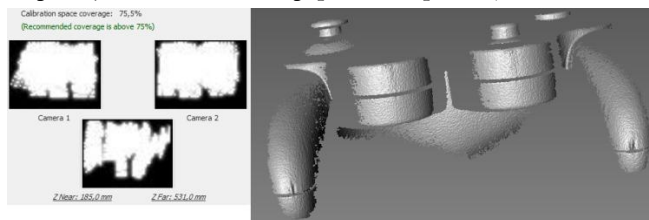
Figur 4.15. Kalibreringsprocent på 43,4%.



Figur 4.16. Kalibreringsprocent på 58,4%. Mer av ytan är täckt och mer av objektet syns.



Figur 4.17. Kalibreringsprocent på 65,2%



Figur 4.18. Kalibreringsprocent på 75,5%.

Man kan klart och tydligt se att för varje förbättrad kalibreringsprocent så ökar detaljrikedomen på bilderna. Jämförelsevis ser man att på figur 4.15. så skannades bara en liten del av objektet in, medan på figur 4.18 så syns mycket mer av objektet.

4.2.4 Genomgång av en kalibrering

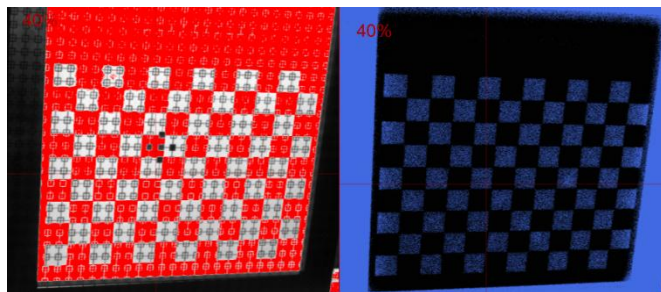
Kalibreringsutrustningen som finns tillgänglig är en platta med ett rutmönster, likt ett schackbräde. Det finns många olika storlekar på mönstret. 3D3Solutions rekommenderar exempelvis kalibreringsmönstret med 12 kolumner gånger 9 rader och 15 millimeter tjocka rutor när man ska skanna objekt i storlek av ett människoansikte.

För att starta kalibreringen går man in i kalibreringsfliken i FlexScan 3D. Efter man valt skanningstyp och ett passande namn kan kalibreringen påbörjas. Det första steget är att välja vilka kameror som skall användas. Detta görs högst upp i vänstra hörnet där texten "Camera 1" och "Camera 2" kan utläsas. Klicka sedan på dessa knappar och välj kamera från listan.

Nästa steg är att bestämma vilken kalibreringsplatta man vill använda. Efter att ha bestämt detta kan rutstorleken skrivas in under "Calibration board square size". Standardvärdet när ny kalibrering skapas är 5 millimeter.

Det är nu dags att klicka på kugghjulet. Det har som funktion att ta fram en flik där man ser vad kamerorna ser. Man kan även ställa in vilket mönster som projektorn ska projisera, vilken ljusstyrka samt olika fördröjningar (delays).

I kamera-rutorna kan man som sagt se det kameran/kamerorna ser. I version 3.1.2.12 av FlexScan 3D visar kamerorna även upp om något är över- eller underexponerat. Visas det ljusrött någonstans på objektet innebär det att det är överexponerat. Om det är mörkblått så är det underexponerat.



Figur 4.19. Kalibreringsbrädan. Till vänster visas hur överexponering ser ut och till höger visas hur underexponering ser ut.

Placera nu kalibreringsbrädan framför kameran. Om man har valt Duo scan så ska mönstret även synas helt i båda kamerorna. För att ta en kalibreringsbild trycker man på "Capture image". Om programmet godkände bilden så läggs den till i listan och man kan nu gå vidare till att ta nästa bild. Fortsätt med denna process med kalibreringsbrädan placerad på olika avstånd och vinklar.

Till slut kan man kalibrera genom att trycka på "Calibrate"-knappen. Bilden som till slut kommer upp visar noggrannhetsprocenten på kalibreringen. Det visas tre grafer totalt. De två översta graferna visar hur mycket yta man fått behandlad i x- och y-led. Exempelvis visar vänster sida på grafen representerar vänster synfält på kameran. Nedre grafen visar hur mycket yta man fått behandlat i z-led, det vill säga djupet, hur nära och hur långt bort man har kalibrerat. För att få ett bra resultat vid skanningen behövs en bra kalibreringsprocent på kalibreringen. Det vill säga hur stor del av kalibreringsytan som täckts. Det rekommenderade värdet är 75%. Detta kan kräva en del bilder beroende på hur bra bilderna blir. Vanligtvis krävs det 40 till 80 bilder för en noggrann kalibrering.



Figur 4.20. En lyckad kalibreringsbild i FlexScan 3D.

Figur 4.20. visar hur kalibreringsbrädan ser ut i programmet efter en lyckad och godkänd kalibreringsbild. Linjerna på brädan är FlexScan 3Ds algoritms letar upp hörnen på rutorna för att avgöra var den befinner sig, hur plattan är vinklad och så vidare. Hittas inte alla linjer på brädan kan det hända att bilden inte blir godkänd och det behövs därför tas en ny bild.

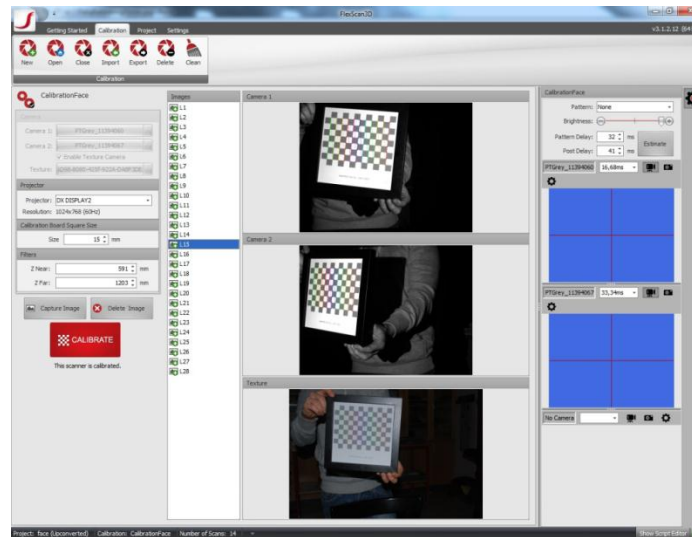
4.2.5 Kalibrering med texturkamera

Den här processen skiljer sig inte så avsevärt mycket jämfört med den generella kalibreringsprocessen. Det enda som ändras är att istället för två kameror är det nu tre. Den tredje kameran är en vanlig digitalkamera som FlexScan 3D kan stödja.

Denna skall placeras nära en av de andra CCD-kamerorna för att uppnå bästa resultat samt lättare kalibrering. För att lägga till texturkameran i programmet skall först Enable texture camera bockas i och därefter lägga till texturkameran vid klick på Texture-knappen. Om kameran hittas av programmet finns den synlig i listan.

Tiden som krävs för varje kalibreringskort tar det lite längre tid jämfört med vanlig kalibrering. Detta är på grund av att texturkameran måste bearbeta och sedan skicka vidare sin data till programvaran, som i sin tur behandlar denna data.

Att kalibrera gäller på samma sätt som tidigare. Klicka på Calibrate och invänta resultat.



Figur 4.21. Kalibrering med texturkamera.

4.2.5.1 Kompatibla texturkameror

Vid skrivtillfället är dessa texturkameror listade som kompatibla med FlexScan 3D [10]:

Canon Digital SLR

- EOS Rebel T2i
- EOS Rebel T3i
- EOS 1D Mark IV
- EOS Rebel T1i
- EOS 50D
- EOS Rebel XS
- EOS Rebel XSi
- EOS-1Ds Mark III
- EOS-1D Mark III
- EOS-1D Mark III
- EOS 40D
- All DIGIC II EOS SLRs

Nikon Digital SLR

- Nikon DSLR cameras manufactured after 2005 work with FlexScan3D
- D3S, D700, D300, D300S, D7000, D90, D40x, D60, D5000, D5100, D3000, D3100

4.3 Skanningsprocessen

Det är här man kan skörda frukten från ens gedigna förarbete. Syftet är alltså att få in ett fysiskt objekt som ett 3D-objekt i datorn, som sedan kan editeras och bearbetas och exporteras till vanliga filformat såsom .stl (STereoLithography). Alla skanningar rekommenderas att göras med en svart bakgrund. Detta hjälper för att fokusera så mycket som möjligt på objektet utan att något annat kommer med runtom.

Majoriteten av nedanstående skanningar är gjorda med Duo scan.

4.3.1 Genomgång av en skanning

Innan olika typer av skanningar visas kan det vara bra att veta hur en vanlig skanning går till.

Först gäller det att skapa ett nytt projekt. Detta gör man genom att klicka på knappen New under Project-fliken. Därefter väljs passande namn på projektet. Nu har man ett helt nytt, tomt projekt framför sig. Det första som bör göras är att klicka på kugghjulet om det inte redan är framme. När den fliken är öppnad så kan man nu se vad kamerorna ser. Är kamerorna ofokuserade kan detta ses lätt genom att hålla musen över en av kamerorna så förstoras bilden och detaljer syns bättre. För att åtgärda ofokuserade kameror kan Focusing väljas under Pattern till höger. Detta är bra för att fokusera på ett visst objekt. Fokusering sker på den främre ratten på kameraobjektivet. Efter att detta är gjort kan en justering av exponeringen behövas, även om detta kanske redan är gjort under kalibreringen. Exponeringen kan justeras på den bakre ratten på kameraobjektivet.

Efter att objektet är placerat framför kamerorna vid lämpligt avstånd är det nu bara att trycka på Scan-knappen till vänster. Använder man Duo scan tar en skanning bara 0,84 sekunder.

Antaget att skanningen blev lyckad borde objektet nu synas i programmet. Har det dykt upp oönskad mesh så går det att markera det med ctrl + vänsterklick och sedan ta bort med delete. Det går att vrida objektet med musmarkörens vänsterklick om det behöver flyttas. Notera att sättet som kameran rör sig i programmet kan vara svårt att vänja sig vid.

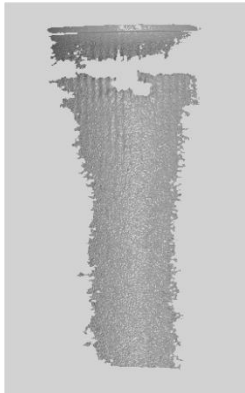
Vill man skanna in ett helt objekt behövs oftast fyra eller fler skanningar. För bästa resultat rekommenderas att vrida det fysiska skanningsobjektet några få grader åt gången mellan varje

ny skanning. Detta görs för att få en viss gemensam yta med den föregående skanningsbilden för att underlätta justeringen. Justering görs genom att klicka på Align-knappen längst upp i mitten av programmet. Bilderna bör ligga i någorlunda korrekt position, dvs där de egentligen skall ligga för att justeringen skall fungera. Efter att man upprepat den här processen ett antal gånger bör man nu ha ett färdigt objekt.

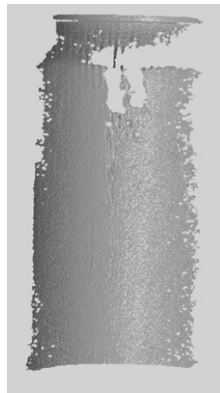
4.3.2 Skanning av blanka objekt

Med blanka objekt menas objekt som i någon mån reflekterar ljus. Exempel till detta är burkar och glas.

I detta fallet har en vanlig pantburk valts som skanningsobjekt.



Figur 4.22. Skanning av en pantburk.



Figur 4.23. Samma pantburk med deodorant påsprejat.

Som man kan se från bilderna ovan är det problematiskt att skanna in objekt som reflekterar ljus. Skannern tolkar det reflekterande ljuset som hål i objektet. 3D3 solutions själva rekommenderar att köpa en deospray med titaniumoxid eller spray med vitt pulver [11], men i detta fallet har bara vanlig deodorant testats och det verkar påverka resultatet ändå. Nackdelen med vanlig deodorant är dock att även om mer av objektet syns, så blir vissa ställen ännu blankare och svårare att inskanna.

Det kan även vara värt att nämna att förutom blanka objekt så har även skannern problem med att skanna svarta ytor. Finns det en svart eller mörk yta på ett skanningsobjekt visas detta som hål i meshen.

4.3.3 Skanning av små objekt

För att skanna små objekt krävs det oftast att kamerorna flyttas till innersta positionen på projektor- och kamerahållaren. Avståndet från kamera till objekt bör ligga på runt 30 till 45 cm. Är objektet för nära eller för långt bort syns det ingenting på ens skanning.

Eftersom man skannar på såpass nära avstånd så spelar inte ljuset från andra ljuskällor någon större roll. Projektorns ljus är tillräckligt starkt för att skanningen ska bli bra oavsett.

Kvalitén på bilden beror mycket på hur bra kalibreringen blivit. Figur 4.24. nedan visar en jämförelse mellan det riktiga objektet och en skanning gjord med Duo scan.



Figur 4.24. Leksaksfiguren Tweety i verkligheten (till vänster) och den inskannade motsvarigheten (till höger).

Resultatet visar att skannern kan se bra detaljer även på små objekt.

4.3.4 Skanning av stora objekt

Skanning av stora objekt kräver skanningsobjektet står en bit ifrån. Avståndet kan variera en del, men i regel gäller att hela objektet skall synas. Vanligtvis brukar avståndet ligga på runt 1,5 till 2,5 meter. Kamerorna bör även förflyttas till projektor- och kamerahållarens yttre position.



Figur 4.25. Ett datorchassi inskannat på avståndet 250 cm

Här spelar ljusstyrkan en stor roll. Om objektet är för långt ifrån kan ljuset från projektorn bli för svagt, vilket i sig innebär att objektet inte belyses tillräckligt mycket för att uppfattas av kamerorna. Ljuset i rummet kan också påverka resultatet. Om exempelvis en stark lampa lyser ner på objektet kan vissa delar synas sämre. Det rekommenderas därför att allt ljus, förutom projektorns egna ljus, skall släckas för bästa resultat.

4.3.5 Skanning av mellanstora objekt

Det här är den vanligaste typen av skanningar som görs. Med mellanstora objekt menas objekt som är i storlek av ett människoansikte, en sko osv. Skanningar sker på avstånd mellan 60 till 80 cm. Kamerorna vid det här avståndet bör förflyttas till mellersta positionen på projektor- och kamerahållaren.



Figur 4.26. Daniel Kristoffersons ansikte.

Externa ljuskällor kan spela viss roll här, men om det bara är vanligt ljus från lampor så spelar det inte så stor roll. Det rekommenderas dock vara släckt för bästa resultat.

4.3.6 Skanning med markers

Markers eller markörer, som det heter på svenska, är enkla runda pappersbitar med en svart rund ring på. Dessa används för att förenkla justeringsprocessen för de olika delarna av ett valt objekt som skannas in. Vanligtvis krävs nämligen att man gör justeringar manuellt och det krävs att man placerar meshbilderna i någorlunda precis position där de egentligen skall vara. Markörer automatiserar denna processen genom att justera mesherna automatiskt.



Figur 4.27. En Rumble Pack med markörer utplacerade.

Markörer fungerar som referenser där programmet kan se en mer helhetsbild av objektet beroende på var markörerna är utplacerade nånstans. Skannar man med markörer bör de sättas ut så att minst fyra stycken är synliga under varje ny skanning. Syns färre kommer ett error-meddelande upp. Det kan vara värt att nämna att markörer går även att placera ut på ytan runtom objektet, som bör lämpligen vara svart för att skannern ska se objektet och markörerna lättare, om man inte vill placera ut

Nackdelen med att använda markörer på objekt är att det blir hål i meshen, vilket kan se lite konstigt ut och är kanske oönskat. Någon bra lösning till det här problemet finns inte i FlexScan 3D, utan till detta får man ta så kallade Post Processing-program till hjälp. Dessa kommer att omnämnas i nästa kapitel.

Figur 4.28. nedan visar hur skanning med markörer kan fungera. Det valda objektet är ett så kallat Rumble Pack tillhörande en Nintendo 64-kontroll.



Figur 4.28. Skanning med markers. Var grön prick representerar en hittad marker.

4.3.7 Skanning med texturkamera

En texturkamera gör vad man förväntar sig att den ska göra - den hjälper till med att ge en textur och färg till skanningsmeshen. FlexScan 3D sparar två filer vid en texturskanning. En flexscan-specifik fil och en vanlig Bitmap-bild. Tack vare algoritmen i programmet kopieras texturen från Bitmap:en och sedan läggs på flexscan-filen.



Figur 4.29. Ett människoansikte med solid mesh till vänster och med texturmönster till höger.

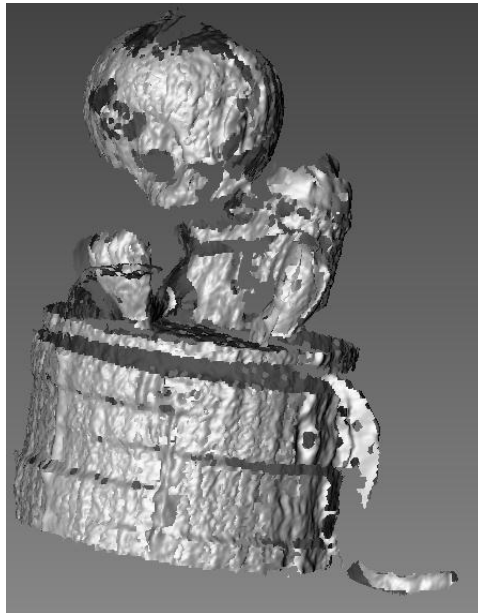
Skanningsprocessen med texturkamera fungerar, precis som vid kalibreringsprocessen med texturkamera, som en vanlig skanning med undantaget att det kan ta lite längre tid och att objektet eller personen som skannas behöver sitta stilla.

Skanningsresultatet med textur blir inte helt perfekt. Det kan bli lite hål här och var och det kan även hända att texturer överlappar. För att lösa detta kan antingen fler eller förbättrade skanningsbilder tas eller så kan man använda program tillhörande kategorin Post processing software.

Notera att för att lägga på textur på en mesh är det inte ett krav att ha en texturkamera. Klickas texturikonen på vid bildbehandlingen i FlexScan 3D utan texturkamera läggs det ändå på en textur med gråskala för det är vad CCD-kamerorna har för färgräckvidd.

4.3.8 Skanning med Single scan

Skanningsresultat med en kamera har en tendens att ge sämre kvalitet på bilderna. Som kan ses i figur 4.30 nedan blir det en del ränder på ytan och en del hål.

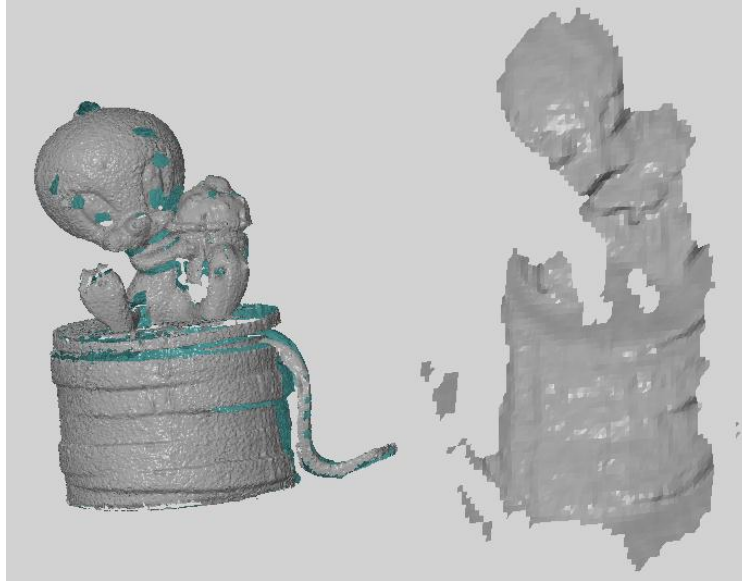


Figur 4.30 Tweety inskannad med Single Scan.

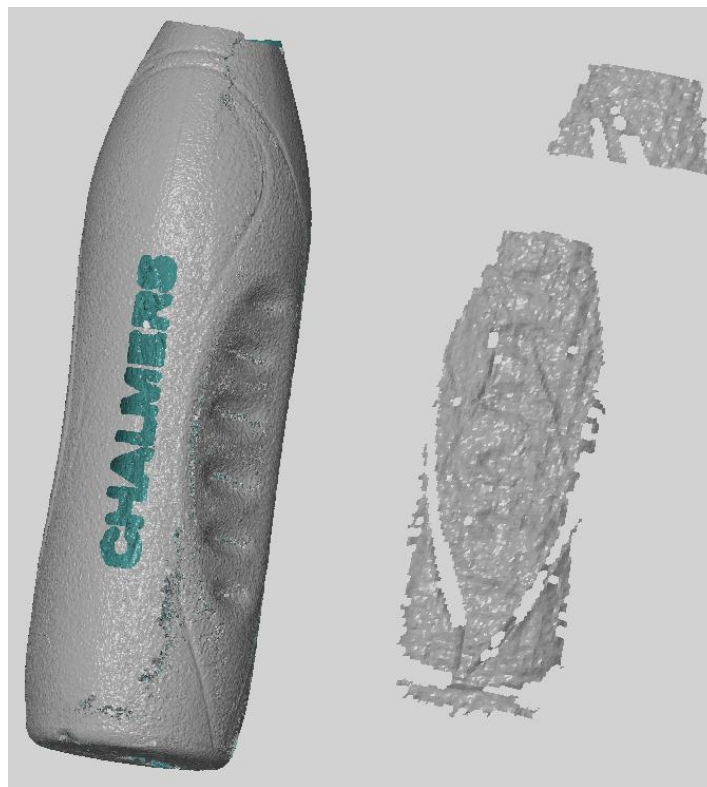
Vibrationer i omgivningen spelar större roll med single scan än med Duo scan eftersom skanning vid single scan verkar vara mycket mer känslig för rörelser i allmänhet.

4.3.9 Skanningsobjekt på olika avstånd

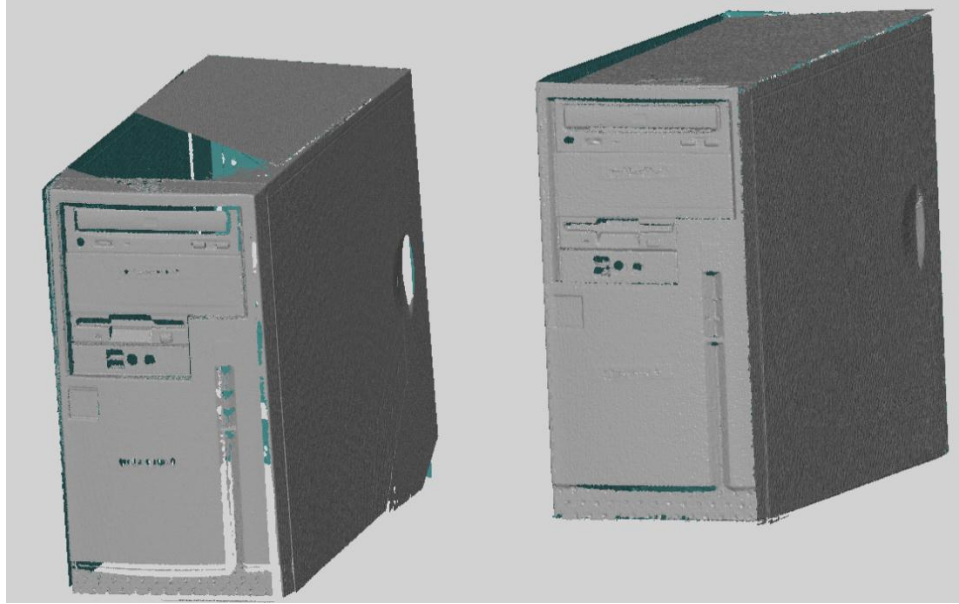
Den här delen behandlar jämförelser mellan objekt inskannade på olika avstånd. Detta är ämnat för att visa några av begränsningarna hos skannern.



Figur 4.31 Tweety på nära avstånd (ca 30 cm) och på långt avstånd (ca 150 cm).



Figur 4.32 En vattenflaska på nära avstånd (ca 70 cm) och på långt avstånd (ca 250 cm).



Figur 4.33 Datorchassi på nära avstånd (ca 80 cm) och på långt avstånd (ca 250 cm)

Skanning av objekt på "felaktiga" avstånd ger antingen dåliga bilder eller svårhanterliga skanningar. I vissa fall både och. Små objekt på långa avstånd ger bilder som klumpar ihop sig. Stora objekt på korta avstånd ger mer kvalitet på skanningen, men ökar storleken i antalet noder och pixelytor trefaldigt. Inskanning av objekt på fel avstånd kan även ge uppstånd till buggar eller feltolkning som kan ses på figur 4.33 där en vattenflaska har skannats in. Övre delen av flaskan hamnar snett ovanför huvudelen.

5 Resultat

För att visa 3D-skannerns styrkor och svagheter görs det en del tester. Dessa visar hur programmet FlexScan 3D fungerar och vad det har för funktioner. Det finns även genomgångar för hur typiska kalibreringar och skanningar fungerar.

Helhetsintrycket jag fått av FlexScan 3D är att det är ett lättanvänt program med en del användbara funktioner. En av de mest användbara funktionerna är Align. Den funktionen har som uppgift att sätta samman och justera ens olika skanningsbilder så att de placeras i rätt position med varandra. Den beskrivs lite kort om denna funktion på sida 17 och 27.

Kalibreringsprocessen är relativt lätt att förstå hur man skall gå till väga med. Programmet har hjälpsamma funktioner som visar när kamerorna är felinställda eller korrekt inställda. Detta visas genom färger på synfältet som kamerorna ser. Ett överexponerat objekt visas i röd färg, medan ett underexponerat visas i blå färg. Är det korrekt inställt så visas det normalt i monokrom färgskala. Detta kan läsas om på sida 23. Det har även testats en del på hur mycket kalibreringsprocenten spelar roll vid skanning. Se sida 21 och 22. Det visar sig att det spelar stor roll vid skanning. Ju bättre kalibreringsprocent, desto bättre skanningsresultat.

När det gäller skanning gick mycket av detta kapitel gick åt att testa att skanna olika slags objekt på olika avstånd. Syftet med detta var att se detaljrikedomen på skanningar, vilka objekt som är svåra att skanna samt vad avståndet har för betydelse resultatmässigt.

Förutom att bara kolla på FlexScan 3D har även efterredigeringsprogram, även känt som Post Processing Software, gåtts igenom kortfattat. Detta för att komplettera funktioner som inte FlexScan 3D klarar av. På sida 10 visas ett exempel på en sådan funktion. Det är hålfyllnadsfunktionen med textur. Till detta användes programmet GeoMagic Studio 2012.

Resultatet blev att skannern klarar av att skanna in de flesta objekten med bra kvalitet, men har svårt för blanka och svarta objekt. En blank pantburk blir mycket svår att få bra resultat för, men det kan lösas genom att ytbehandla den med en vit spray.

Skannerns styrka ligger främst i detaljrikedomen på skanningarna. Man kan tydligt se att även små objekt får hög detaljrikedom. Ett exempel på detta kan ses på sidan 27. Även på långt avstånd blir det bra kvalitet på objektet. Programmet FlexScan 3D är också relativt enkelt att använda. Skannerns svaghet ligger i främst två saker:

Det första är skanning samt kalibrering med en kamera – single scan. Single scan är både långsammare och besvärligare än Duo scan som använder två kameror. Skanningstiden är längre och kalibreringsbrädan måste vara helt stillastående.

Det andra är att kalibreringsprocessen måste ske manuellt. Den här processen kan vara tidskrävande och i vissa fall frustrerande.

I det stora hela fungerar skannern smidigt och ger bra skanningsresultat. FlexScan 3D får även uppdateringar med jämna mellanrum som löser buggar och ibland lägger till fler användbara funktioner.

6 Slutsats

6.1 Resumé

Det som skulle göras var att utvärdera 3D-skannern HDI Advance R2 samt programmet FlexScan 3D. Vissa saker i FlexScan 3D kan nästan enbart läras eller bli van vid genom att ha använt programmet ett tag. Ett exempel på detta är hur kameran rör sig när man vill flytta på meshen.

Andra saker som man lägger märke till under arbetets gång är hur viktig kalibreringen är. Det är tidskrävande, men nödvändigt. Många av orsakerna till varför det kan vara tidskrävande och jobbigt är att det krävs olika storlekar på kalibreringsmönstret för olika objekt och att många bilder kan behöva tas för att uppnå en bra kalibreringsprocent.

Vid skanning rekommenderas att använda Duo scan över Single scan på grund av att det både går snabbare och ger bättre resultat.

Blanka objekt är kanske det mest problematiska att skanna eftersom det blanka reflekterar ljus mot kamerorna och uppfattas därför som hål. Detta kan dock lösas genom att använda spray med vitt pulver eller deodorant med titaniumoxid. Vanlig deodorant fungerar någorlunda, men det kan även förvärra resultatet.

För att efterbehandla bilderna kan Post Processing software vara användbart. Både för justeringar och för hålfyllnad, även med textur.

6.2 Kritisk diskussion

Den första kritiken till mitt arbete är att jag inte hunnit testa alla tillgängliga funktioner och möjligtvis inte skrivit tillräckligt om vissa tillgängliga områden inom skanningen. Det tar samtidigt upp många av funktionerna som 3D3 Solutions själva knappt nämner.

Om jag hade fått samma uppgift idag igen hade jag antagligen gått samma sätt till väga som jag redan gjort. Det jag hade gjort förutom det jag redan kan nu är att jag skulle försökt lära mig om FlexScan 3Ds roterande platta och hur man skriver script till den. Detta hade kunnat automatisera skanningsprocessen genom att istället för att vända på objektet, gå till datorn och klicka för att ta en skanningsbild, så kunde plattan istället köras igång med scriptet och vända

sig om automatiskt och sedan ta en bild automatiskt i varje ny position. En annan sak jag skulle använt mig av är ett vridbart stativ där kalibreringsbrädan kan monteras upp. Under arbetets gång använde jag istället en lamphållare med plexiglasplatta på, där sedan kalibreringsmönstret häftades fast. Nackdelen med denna metod var att det krävdes en bordsyta som lamphållaren kunde sitta fast på. Det går alltså inte att använda den till kalibrering på långt avstånd.

6.3 Fortsatt forskning

Att lära sig programmeringsspråket Lua har sina fördelar med FlexScan 3D. Vill man kunna automatisera skannings- och kalibreringsprocessen krävs det scripting-kunskaper inom just detta språk.

Referenser

Bildkällor

1. Flexible 3D scanning system, 3D3 Solutions. 3D3 Solutions, Burnaby, Canada 2007-2012, <http://blog.3d3solutions.com/flexible-3d-scanning-system/> (Acc 2012-06-08)

Webbkällor

2. Model Comparison, <http://www.3d3solutions.com/products/3d-scanner/model-comparison/> (Acc 2012-06-08)

3. Charge-Coupled Device, http://en.wikipedia.org/wiki/Charge-coupled_device (Acc 2012-06-08)

4. Charge-Coupled Device, http://sv.wikipedia.org/wiki/Charge_Coupled_Device (Acc 2012-06-08)

5. How Digital Cameras Work, <http://electronics.howstuffworks.com/cameras-photography/digital/digital-camera2.htm> (Acc 2012-06-08)

6. List of Device Bit rates – Local Area Networks, http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_device_bit_rates#Local_area_networks (Acc 2012-06-08)

7. Activation and Upgrades, http://www.3d3solutions.com/userguide/index.php?title=Activation_and_Upgrades (Acc 2012-06-08)

8. Technical Specifications, 3D3 Solutions, <http://www.3d3solutions.com/products/flexscan3d/technical-specifications/> (Acc 2012-06-08)

9. Calibration Overview – Introduction, http://manual.3d3solutions.com/index.php/Calibration_Overview#Introduction (Acc 2012-06-08)

10. Supported Hardware, <http://www.3d3solutions.com/products/flexscan3d/supported-hardware/> (Acc 2012-06-08)

11. 3D scanning basics, http://manual.3d3solutions.com/index.php/3D_Scanning_Basics (Acc 2012-06-08)