



CHALMERS



Virtuell kollaborativ monteringslayout för en drönare

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik

JAKOB JOHANSSON
RIKARD PRYTZ

EXAMENSARBETE IMSX20

Virtuell kollaborativ monteringslayout för en drönare

*Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet
Maskinteknik*

JAKOB JOHANSSON
RIKARD PRYTZ

Institutionen för Industri- och Materialvetenskap
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2018

Virtuell kollaborativ monteringslayout för en drönare

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik

JAKOB JOHANSSON

RIKARD PRYTZ

© JAKOB JOHANSSON, 2018

© RIKARD PRYTZ, 2018

Examinator: Åsa Fast-Berglund, Industri- och Materialvetenskap

Handledare: Per Nyqvist, Industri- och Materialvetenskap

Examensarbete 2018 Institutionen för Industri- och Materialvetenskap

Chalmers tekniska högskola

SE-412 96 Göteborg

Telefonnummer +46 31 772 1000

Förstasida:

Överblick på slutgiltigt koncept i RobotStudio.

[Egen bild]

Göteborg, Sweden 2018

Virtual collaborative assembly layout for a drone

*Bachelor's thesis in the Engineering programme
Mechanical Engineering*

JAKOB JOHANSSON

RIKARD PRYTZ

Department of Industry and Material science
Chalmers University of Technology

Abstract

This thesis is written for Chalmers University of Technology which declares an approach making a virtual collaborative mounting layout in RobotStudio. The layout was built up limited of Stena Industry Innovation lab at Chalmers which was created virtually through point cloud scanning. The project is commissioned by ABB and Chalmers.

The project investigates an approach of developing a virtual concept for production of a drone and implementation of a point cloud. The purpose of the thesis is to create a virtual collaborative mounting layout built upon the ABB programme RobotStudio. The built layout is possible to visualize in RobotStudio alternatively in 3D with help of a VR-kit.

For the new technology advancement within Industry 4.0 the connection between the physical and virtual environment is valuable. By conforming to a production virtually before using it in reality makes it possible to raise the effectiveness. It brings advantages by discovering problems and developing systems in an earlier stage of the process. The project aims to contribute to the development of effective operation methods.

Virtuell kollaborativ monteringslayout för en drönare

*Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet
Maskinteknik*

JAKOB JOHANSSON

RIKARD PRYTZ

Institutionen för Industri- och Materialvetenskap

Chalmers tekniska högskola

Sammanfattning

Det här arbetet är skrivet för Chalmers Tekniska Högskola och redovisar ett tillvägagångssätt för att skapa en virtuell kollaborativ monteringslayout i RobotStudio. Layouten byggdes upp begränsat på utformningen av Stena Industry Innovation lab på Chalmers som skapats virtuellt genom punktmolnsskanning. Projektet är på uppdrag av ABB och Chalmers.

Arbetet redogör ett tillvägagångssätt för framtagning av virtuella koncept för produktion av en drönare och implementering av punktmoln. Syftet av det är att skapa en virtuell kollaborativ monteringslayout för en drönare i Chalmers SII-lab. Projektet resulterade i en virtuell monteringsstation uppbyggd i ABB's programvara RobotStudio. Den skapade layouten är möjlig att visualisera i RobotStudio alternativt i 3D med hjälp av ett VR-kit.

För den nya teknologiutvecklingen inom Industri 4.0 är förbindelsen mellan den fysiska och virtuella miljön värdefull. Genom att tillämpa en produktion virtuellt innan tillämpning i praktiken är det möjligt att öka effektiviteten. Det ger fördelar genom att upptäcka problem och utveckla system i en tidigare fas i processen. Projektet avser att bidra till utvecklingen för effektivare arbetssätt.

Förord

Examensarbetet utfördes på Chalmers Tekniska Högskola, våren 2018 och utgör 15 av 180 HP på utbildningen Högskoleingenjör i Maskinteknik. Arbetet är skrivet på institutionen för Industri- och Materialvetenskap (IMS) i samarbete med ABB.

Vi vill i första hand tacka vår examinator samt uppdragsgivare Åsa Fasth Berglund. Vi vill också rikta vår tacksamhet till Magnus Seger på ABB för uppdraget samt licenser för användandet av RobotStudio.

Tack även till vår handledare Per Nyqvist från Chalmers. Likaså tacka samtliga personer i Chalmers SII-lab som hjälpt oss på vägen.

Innehåll

1. INLEDNING.....	1
1.1 Bakgrund	2
1.2 Syfte.....	3
1.3 Avgränsningar	3
1.4 Precisering av frågeställningen	3
2. TEORETISK REFERENSRAM	4
2.1 RobotStudio.....	4
2.2 Kollaborativ robot.....	4
2.3 YuMi - IRB 14000-0.5/0.5	5
2.4 Virtuellt verklighet	6
2.5 SteamVR.....	7
2.5.1 HTC Vive.....	7
2.5.2 HTC Vive Headset	7
2.5.3 HTC Vive Controller	8
2.5.4 HTC Vive Base stations.....	8
2.6 Punktmoln.....	9
2.7 CloudCompare.....	9
2.8 HTA.....	10
2.9 CATIA V5	10
2.10 Flexlink	10
2.11 Dji FlameWheel 450	11
3. METOD.....	12
3.1 HTA.....	12
3.2 Omvärldsbevakning	12
3.2.1 Besök på ABB i Mölndal.....	12
3.2.2 YuMi	13
3.2.3 RobotStudio	13
3.3 Punktmolnsskanning	13
3.3.1 Implementering i RobotStudio	13
3.4 Design av monteringslayout.....	14
3.5 Koncept av layout och fixturer	15
3.6 Urval koncept	16
3.7 Validering	16
4. RESULTAT.....	17

4.1 HTA.....	17
4.2 Punktmoln.....	17
4.2.1 Uttunnat punktmoln.....	17
4.2.2 Triangulerat punktmoln.....	18
4.3 Konceptgenerering	19
4.3.1 Koncept 1	19
4.3.2 Koncept 2	21
4.3.3 Koncept 3	22
4.4 Urval koncept	23
4.4 Slutgiltigt koncept	24
5 DISKUSSION	25
5.1 Skapandet av en virtuell kollaborativ monteringslayout.....	25
5.2 Koncept.....	26
5.3 Punktmoln.....	26
6. SLUTSATS.....	27
KÄLLFÖRTECKNING	28

Ordlista

TCP	- Tool center point
HTA	- Hierarkisk uppgiftsbeskrivning
SII	- Stena Industry Innovation
ISO	- Internationella standardiseringsorganisationen
TS	- Teknisk Specifikation
VR	- Virtual Reality (Virtuell verklighet)
PLC	- Programmable Logic Controller
3D	- Tredimensionell

1. INLEDNING

Industri 4.0 är benämningen för den fjärde industriella revolutionen och grunden till de satsningar vilka görs inom teknisk utveckling, särskilt i Europa och västvärlden. För att bibehålla produktionen i Europa måste dess industrier ha möjligheten till effektivare och mer kvalitativa tekniker och processer.

Chalmers SII-lab är uppbyggt av diverse stationer vilka fungerar som demonstratorer för besökare. Studenter, forskare och industri är ämnade att ta del av upplägget genom bland annat utbildning, samarbeten och testbäddar. Upplägget i labbet är tänkt att lyfta fram digitaliseringen och industri 4.0 för att visa möjligheterna av nästa generations smarta fabriker. (Chalmers 2018)

Projektet genomförs med syftet att skapa en station i SII-labbet för en kollaborativ montering av en drönare. Denna station ska finnas tillgänglig för att utbilda men också demonstrera integrationen mellan människa och robot.

Rapporten redogör för läsaren ett projekt vilket behandlar delar för skapandet av virtuella koncept. Från implementering av punktmolnsdata av Chalmers SII-labb till färdigt uppbyggda koncept.

1.1 Bakgrund

De senaste åren har företag i Sverige i samband med den ökade internationaliseringen flyttat ut sin produktion till utlandet. På grund av utflyttningen har sysselsättningsgraden i Sverige påverkats negativt (Lennartsson, Lindholm 2016). För att kunna bibehålla den produktion som annars flyttas till främst lågkostnadsländer är teknikutveckling en viktig del. För att kunna konkurrera mot lågkostnadsländer behöver svensk industri genom teknikutveckling förbättra sin effektivitet.

Produktionsmarknaden utvecklas kontinuerligt och i nuläget myntas begreppet Industri 4.0 vilket ses som en lösning för att återindustrialisera västvärlden. Enligt Deutsche Messe AG (2018) grundades begreppet Industri 4.0 i Tyskland vilket har blivit namnet för ännu en teknisk revolution där digitalisering står i centrum. Industri 4.0 lägger fokus i utveckling mot smarta fabriker där maskiner, produkter och system är uppkopplade till ett system för självlärning.

Inom den nya tekniken är kopplingen mellan vår fysiska och virtuella miljö kritisk för att ha möjligheten att felsöka och utveckla system så tidigt som möjligt i processen. Detta resulterar i att fel och problem kan upptäckas tidigt vilket skapar fördelar ur en kostnads-/effektivitetssynpunkt. Ett av de program vilket kan användas till ändamålet är ABB:s programvara RobotStudio. Med RobotStudio går det att offlineprogrammera och simulera ett robotsystem med givna parametrar vilket sedan kan användas i det verkliga systemet. Det är också möjligt att integrera ett redan fysiskt existerande utrymme med hjälp av punktmolnscanning som består av 3D-skannad data. Med användning av dessa tekniker är det möjligt att simulera en produktion i ett redan existerande rum för att virtuellt kunna se dess möjligheter och begränsningar.

I dagsläget finns Chalmers SII-lab för utbildning, forskning och industriarbete tillsammans med studenter och företag för att gemensamt arbeta kring digitaliseringen. Labbet enligt Chalmers (2018) utmanar nuvarande produktionstekniker på ett effektivare sätt där bland annat maskiner, produkter och människor kan kommunicera i en kollaborativ arbetsmiljö.

Det som står i centrum för en kollaborativ arbetsmiljö är bland annat kollaborativa robotar. Dessa robotar har inte skyddsburar på liknande sätt som vanliga industrirobotar. I en kollaborativ miljö är det tänkt att en människa ska kunna arbeta tillsammans med en robot utan risk att skadas. (Deutsche Messe AG 2018)

Chalmers strävar efter att alltid ligga i framkant med den tekniska utvecklingen och jobba för en hållbar framtid (Chalmers 2016). Som fortsatt expansion av utbildning och upplysning har Chalmers SII-lab i samverkan med ABB tagit fram detta projekt för att lägga en fortsatt utbildningsgrund inom framtidens produktionsstrategier för såväl företag som studenter.

1.2 Syfte

Uppdraget är att utifrån punktmolnsdata skapa en virtuell kollaborativ arbetsmiljö i RobotStudio som sedan kan tillämpas i Virtual Reality. I slutskedet ska den fullbordade layouten visa hur en kollaborativ monteringslayout av en drönare i SII-Labbets lokal kan se ut.

Projektets syfte är att framställa en monteringslayout som möjliggör utbildande integrering mellan robot och människa. Syftet är att samarbetet ska leda till förståelse samt utökad kunskap kring digitalisering och teknisk utveckling, detta för att styra industrin mot framåtskridandet av smarta fabriker.

Flera metoder och tillvägagångssätt är relativt obeprövade och fortfarande i utvecklingsstadie, därför sker delar av arbetet för att se hur arbetsmetoden hanteras.

1.3 Avgränsningar

Projektet begränsas så att ingen grundläggande PLC (programmable logic controller) programmeras till monteringen i produktionssimuleringssyfte.

Någon kostnadsoptimering kommer inte att göras.

Endast utvalda moment av monteringsprocessen undersöks där en kollaborativ robot kan medverka i processen. Tillförsel av material till transportband vid skapandet av koncept behandlas inte.

Ingen simulering av monteringen kommer att tillämpas.

1.4 Precisering av frågeställningen

- Hur kan en kollaborativ virtuell monteringslayout för montering av drönare se ut begränsat av den punktmolnsdata som finns tillgänglig?
- Hur kan punktmolnsdata implementeras i Robotstudio och användas som ett visuellt verktyg?

2. TEORETISK REFERENS RAM

I detta avsnitt beskrivs de tekniska beståndsdelar av projektet, både den mjukvara som använts, produkter och omkringliggande begrepp. Avsnittet ämnar att förmedla den kunskap som krävs för att vidare kunna tolka och förstå resultat och diskussion.

2.1 RobotStudio

RobotStudio är en programvara skapad av ABB för simulering och offline-/onlineprogrammering. RobotStudio lanserades till marknaden år 1998 och var den första simulationsmotorn baserad på en virtuell styrenhet som var identisk med den verkliga. Programmet är konstruerat runt en exakt kopia av den programvara som finns i robotar i produktion vilket gör det möjligt att programmera realistiska simuleringar utan att någon gång bryta produktionen. Programvaran gör det möjligt att bygga upp en virtuell fabrik innan den är uppbyggd i praktiken. (ABB 2018)

Den kod som produceras i RobotStudio gör det möjligt att programmera en virtuell robot från en dator utanför fabriken. Detta leder till bland annat kortare uppstartstider och färre stopp i produktionen då programmeringen som görs i robotstudio kan implementeras direkt i den fysiska roboten. (ABB 2018)

ABB har utvecklat en applikation för virtuell verklighet till RobotStudio. Till applikationen är det möjligt att koppla produkterna HTC Vive eller Oculus Rift för att skapa en tredimensionell upplevelse i RobotStudio. (ABB 2017)

2.2 Kollaborativ robot

Den första kollaborativa roboten togs fram år 1996 av två professorer på Northwestern University vid namn J. Edward Colgate och Michael Peshkin. Under denna tid myntades även ordet "Cobot" av forskaren Brent Gillespie från samma universitet. Under många års tid var samhället tvivelaktiga på de kollaborativa robotar som var på gång. (Peshkin 2018)

Det var först år 2008 som Universal Robots kollaborativa robot UR5 togs till marknaden (Universal Robots, 2018). Sju år senare presenterades ABB:s tvåarmade kollaborativa robot YuMi till marknaden. (ABB 2018)

Till skillnad från en industrirobot som utför sitt arbete i fysiskt isolerade celler arbetar en kollaborativ robot tillsammans med människan. Genom användandet av sensorer kan de kollaborativa robotarna hjälpa till med att utföra och assistera montören med diverse arbetsmoment utan att äventyra dennes säkerhet. Kollaborativa robotar är jämfört med industrirobotar enklare att programmera och förflytta vilket gör dessa mer flexibla. Flexibiliteten öppnar upp möjligheten till att enkelt omplacera och installera en kollaborativ robot där den behövs för stunden. (Deutsche Messe AG 2018)

En av anledningarna till att kollaborativa robotar används som hjälpmedel för montörer är att låta roboten utföra de monotona arbetsuppgifterna. Detta för att montören ska ges möjlighet att fokusera på de mer komplexa momenten. Säkerheten är en avgörande faktor för kollaborativa robotar, detta medför en begränsning över hur snabbt roboten rör sig och kraft som kan appliceras. (Deutsche Messe AG 2018)

2.3 YuMi - IRB 14000-0.5/0.5

YuMi, kort för “You and Me”, är en tvåarmad kollaborativ robot utvecklad av ABB som introducerades till marknaden år 2015. Med hjälp av dess smarta verktyg kan roboten tillhandahållas uppgifter som montering av olika små komponenter där människan och roboten utför arbetsuppgifter tillsammans. (ABB 2018)



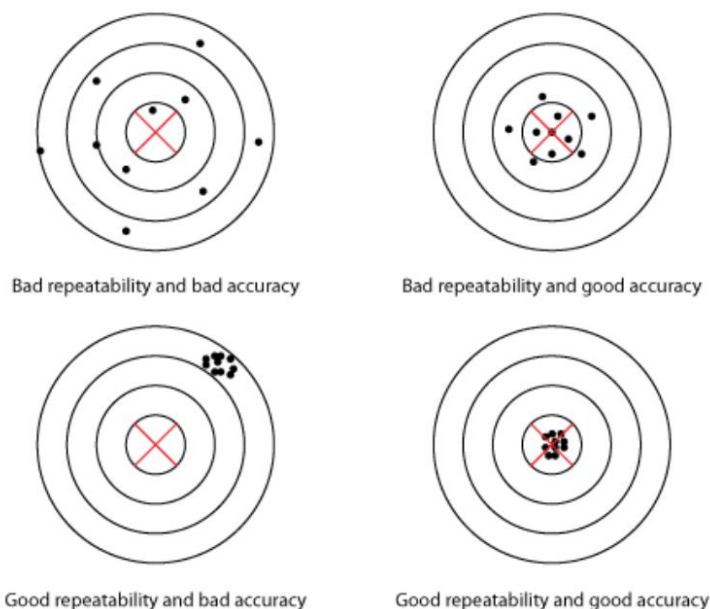
Figur 2.1: YuMi-robot bestående av en statisk kropp med två 7-axliga armar med tillhörande gripdon (ABB.se)

Roboten är utvecklad för att möta de behov som behövs för tillverkning av små komponenter inom elektronikindustrin. Dess utseende och funktion skapades utifrån människans attributer för att vara så säker som möjligt men samtidigt skapa förutsättningar för automation. Om en kollision mellan YuMi och en operatör sker kan den strypa sin rörelse inom millisekunder och ytterligare minska skaderisken genom sin vaddering på sina armar. (ABB 2016)

Gripdonen till roboten har ett integrerat visionsystem vilket skapar möjligheten för inspektion av detaljer eller guidning vid förflyttning. Gripdonet har även integrerade vakuumsugproppar vilka kan användas för att förflytta föremål där gripdonet inte är brukbart. (Crowther 2015)

YuMi väger 38 kg och armarna kan arbeta simultant med olika arbetsuppgifter där nyttolasten för vardera arm är 500 gram. YuMi's räckvidd är 0.559 meter, vilket är avståndet från robotens mittpunkt till dess maximala utsträckning. Repeternoggrannheten är 0.02 mm och positioneringsnoggrannheten i medelavstånd är 0.02 mm där den maximala TCP-hastigheten är 1.5 m/s. (ABB Engineering Ltd 2018)

Positioneringsnoggrannheten (AP_p) beskriver skillnaden mellan tyngdpunkten för en serie av mätresultat i rummet och önskad position. Repeternoggrannhet (RPI) är en radie på en sfär som beräknas med att ta medelvärde av alla testpunkters avstånd till punktmolnets tyngdpunkt. (Ekered 2017)



Figur 2.2 Illustration av repeternoggrannhet och positioneringsnoggrannhet (Joubair 2014)

2.4 Virtuell verklighet

Olika segment av "Virtual Reality" dök upp redan år 1860. Utvecklingen fortsatte i bakgrunden av andra industriella tekniker och först året 1968 kom den första HMD (Head-mounted Display), liknande princip som finns idag. Under åren 1970-1990 levererades olika virtuella lösningar i form av varierande simulationer, bland annat flygträning inom militären. År 2010 kom den första prototypen av Oculus Rift, fem år efter det lanserades konkurrenten HTC Vive. Idag är Oculus Rift samt HTC Vive de två vanligaste och mest välutvecklade VR-produkterna på den allmänna marknaden. (Virtual Reality Society 2017)

Virtuell verklighet refererar till den virtuella världen som skapats som en replikation av en miljö. Syftet är att användaren ska uppfatta sig själv som "inuti" den virtuella världen. En av de tekniker som kan skapa denna upplevelse är att använda sig utav två små bildskärmar, en för vardera öga. Dessa bildskärmar är ofta inbyggda i ett hölje som också känner av huvudets läge och dess orientering. Med hjälp av den data som höljet uppfattar räknar en dator ut vad som visas och händer i de små bildskärmarna. Om användaren vrider sig åt höger utförs samma rörelse även i den virtuella världen, detta gäller alla sorter av rörelser. (Janlert 2018)

Ytterligare instrument kan integreras för att göra den virtuella verkligheten ännu verkligare, bland annat genom att använda sig utav datahandskar, ljud i det virtuella rummet och andra sinnesupplevelser. Datahandskarna gör det möjligt för användaren att förflytta föremål eller peka och förflytta sig själv snabbare i den virtuella världen. Tillämpningar av den virtuella verkligheten kan variera beroende på ändamål, bland dessa exempelvis utbildning och träning eller för design och konstruktion. (Janlert 2018)

2.5 SteamVR

SteamVR är ett virtuellt verklighetssystem utvecklat av Valve, systemet har tillhörande HTC Vive paketet vilket är skapat av Valve tillsammans med HTC. (Steam 2018)

2.5.1 HTC Vive

HTC har tillsammans med Valve corporation tagit fram en produkt inom virtual reality segmentet vid namnet HTC Vive. Denna kopplas upp till Valve's virtuella verklighetssystem, SteamVR (Steam, 2018). Produkten består av ett headset, två handkontroller samt två stycken base stations även kallade "lighthouse". HTC Vive fungerar på det sättet att de två lighthouse skickar ut infraröda pulser vilka fångas upp av headsetet samt kontrollerna vilket möjliggör att varje rörelse kan spåras. (Peppiatt 2016)



Figur 2.3: Vive Virtual Reality System med bild på headset, controllers och base stations (Vive 2018)

2.5.2 HTC Vive Headset

Huvudkomponenten av paketet är själva headsetet, med upplösning på 1080 x 1200 pixlar per öga och ett synfält på 110° skapar tillsammans en virtuell bild. Upplösningen och synfältet bidrar till synupplevelsen, med sensorerna också en verklig uppfattning av rum. Totalt finns det 37 stycken inbyggda sensorer i headsetet vilket kopplat med HTC Vive Base stations tillför en noggrannhet under millimetern i rörelse och positionering. (Vive 2018)

2.5.3 HTC Vive Controller

Ett par trådlösa kontroller som ingår i kittet för HTC Vive är den virtuella världens händer. Kontrollerna har möjlighet till flertalet olika input kommandon som att greppa och flytta olika saker i rummet. (Vive 2018)

Kontrollerna är utrustad med tre stycken programmerbara knappar

- En *trigger* belägen på kontrollens baksida.
- En *gripper* belägen på nedre delen av kontrollen.
- En *touchpad* belägen mitt på kontrollen

Det finns även en *system* och en *meny* knapp belägna över respektive under touchpaden. (Brown 2016)

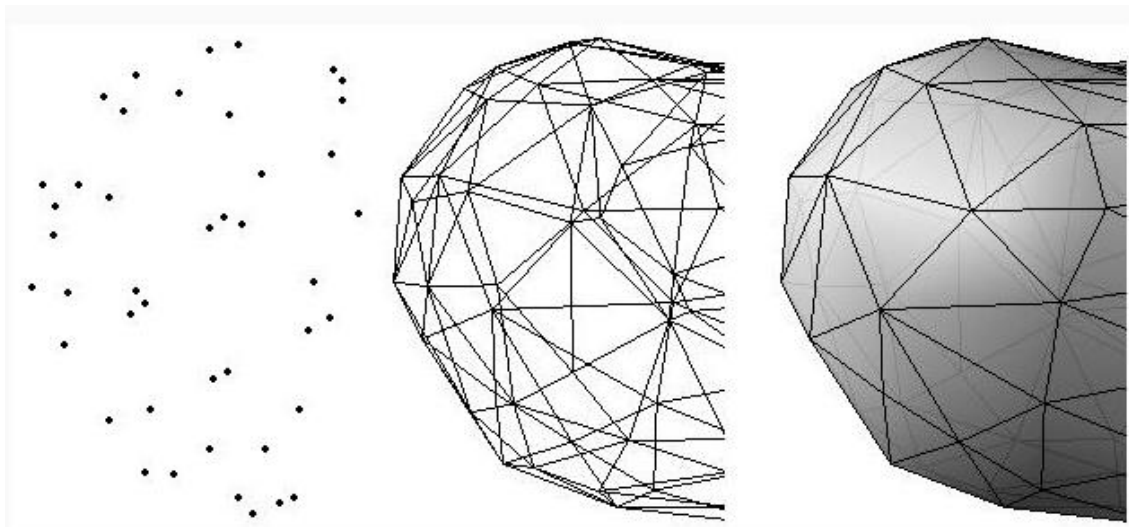
2.5.4 HTC Vive Base stations

Base stations är ett par små svarta kuber som är systemets spårningssystem, dessa två skapar tillsammans det 360 grader, 21m² stora virtuella rummet. Kuberna skickar ut 60 stycken infraröda pulser per sekund som sedan plockas upp av headsetet och kontrollernas inbyggda sensorer med precision under millimetern. (Lang 2017)

2.6 Punktmoln

Termen punktmoln används för att beskriva en databas av punkter i ett tredimensionellt koordinatsystem. Punkterna reflekterar de positioner som lasermätaren har träffat. Notera att varje punkt är helt individuell och har ingen sammankoppling till kringliggande punkter. En av de viktigaste saker att tänka på för att erhålla bra punktmolnsdata är att 3D-scanningen måste ske från flera olika positioner eftersom det inte går att utvinna punkter på objekt som inte är visuella i bild. (Ciepka 2016)

Punktmolnsdata konverteras ofta till en polygon mesh, även kallad triangle mesh. Konverteringen utförs oftast i de sammanhang där det krävs en mer praktisk/visuell modell. Enkelt förklarat är en triangle mesh baserat på en stor mängd sammankopplade trianglar där varje triangel bildas av koordinaterna mellan tre närliggande punkter. Processen går från punktmolnsdata till en klar yta via de två stegen som illustreras i figuren nedanför. Första steget går ut på att skapa linjer och kanter mellan punkterna för att skapa ett nät av trianglar. Redan i detta steget fås en mer klar blick över den tredimensionella figur som punkterna representerar. I steg två appliceras ytor för att utveckla geometrin liknande en solid. (Smith 2006)



Figur 2.4: Illustration av konvertering från punktmolnsdata till polygon mesh. (Marjanovic 2007)

2.7 CloudCompare

CloudCompare är ett bearbetningsprogram för punktmolnsdata. Programvaran är ett så kallat open source project vilket menas att programvaran är öppen för alla att granska, använda, modifiera och distribuera. (Open Source Guides 2018)

Programmet kan bland annat användas till att skapa ett rum mellan punkter i rummet. Detta är till fördel om datan är stor och kräver för mycket processorkraft vilket i sin tur försvårar arbetet. Exempelvis kan det appliceras ett avstånd på 3 millimeter, det programmet utför är att den tittar på en punkt och rensar alla andra punkter inom en 3 millimeters radie för att sedan uträtta samma sak på samtliga punkter. (Cloud Compare Wiki 2016)

I CloudCompare finns det även möjligheten att konvertera filformatet på punktmolnsdatan, detta för att öka integreringen med olika programvaror då diverse program endast stödjer vissa filformat. (Cloud Compare Wiki 2016)

2.8 HTA

Hierarkisk uppgiftsbeskrivning är en välanvänd metod gjord från grunden för att utföra uppgiftsfördelningar/analyser inom industrin. Metoden introduceras ofta som en allomfattande analytisk strategi för att leverera lösningar till initialt specificerade prestandaproblem. Metoden används i dagsläget ofta som det första steget i automationsanalysen då den ger en klar och övergripande struktur av operationer och uppgifter. HTA kan användas som både uppgiftsanalys och uppgiftsbeskrivning, i detta projektet användes metoden mer som en uppgiftsbeskrivning/fördelning då de olika operationerna inte analyseras i detalj utan beskrivs i figuren. (Fast-Berglund, Mattsson 2017)

2.9 CATIA V5

CATIA är en mjukvara för användandet av bland annat Computer-Aided Design (CAD), Computer-Aided Manufacturing (CAM) och Computer-Aided Engineering (CAE). Mjukvaran möjliggör allt från skapandet/analyser av olika 3D-objekt till skissritning i 2D. (Bernard 2010)

CATIA står för Computer Aided Three Dimensional Interactive Application och är utvecklat av Dassault Systèmes och utvecklades för interna behov inom företaget Dassault Aviation för konstruktion av jetflygplan. Programvaran blev populär inom flyg-,bil- och fartygsindustrin och efter att ett distributionskontrakt skrevs med IBM spred sig programmet världen över. (Bernard 2010)

2.10 Flexlink

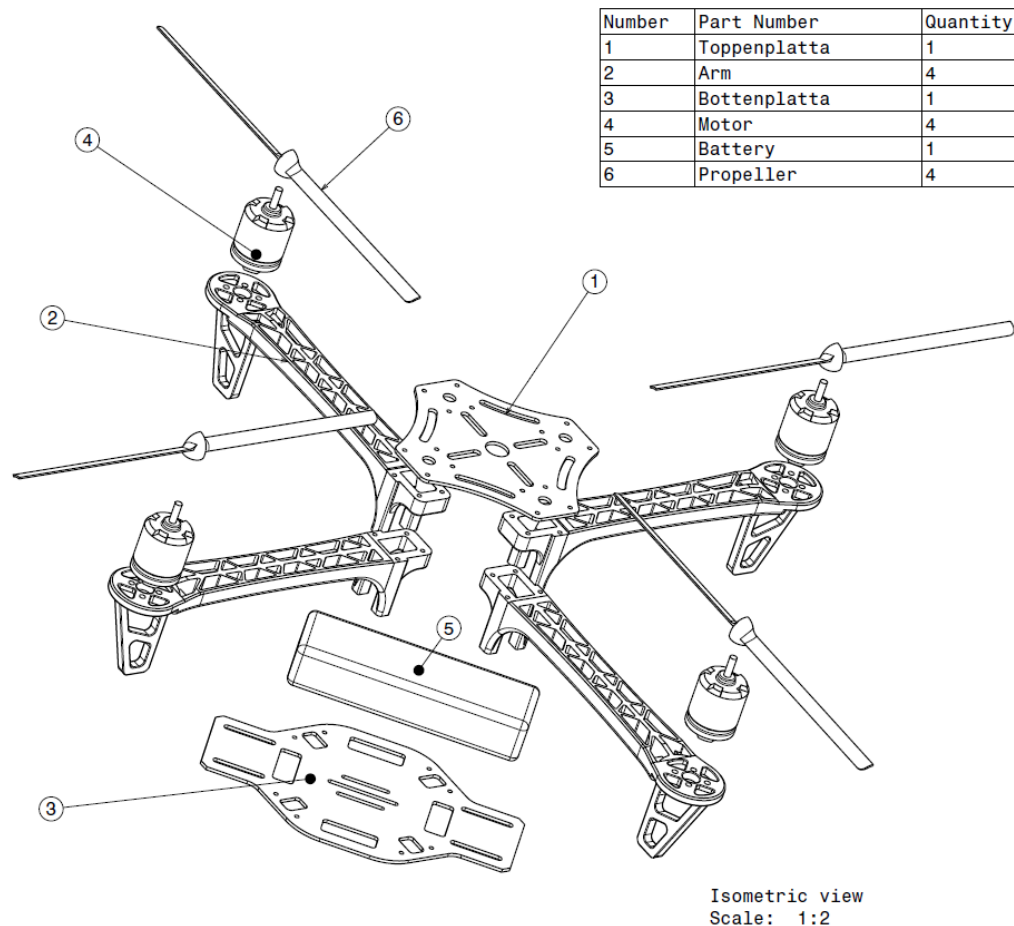
Flexlink är ett företag med huvudkontor i Göteborg som förser sina kunder med automationslösningar. Företaget konstruerar lösningar till kunder för automatiserade produktionsflöden inom bland annat livsmedelsindustrin, dryckesindustrin och bilindustrin. (Flexlink 2018)

Flexlinks produktutbud består till stor del av olika sorters transportband vilka är ämnade att öka företags effektivitet i sina produktionsflöden. Utöver olika sorters transportband utformar Flexlink även robot-specifika lösningar och kontrollsystem för optimering av flödet. (Flexlink 2018)

2.11 Dji FlameWheel 450

Dji FlameWheel 450 är en liten drönare med fyra stycken flygarmar. Den är designad för att vara lätt till vikten men också väldigt användbar. Drönaren är främst gjord för hobbyentusiaster då den kräver bland annat lödning och andra små insatser innan själva monteringen kan börja. (Brown 2016)

Drönaren producerad i Catia v5 fanns tillgänglig från GrabCad av användaren Alaa Elhamrawy (Elhamrawy 2016). Figuren nedan illustrerar en sprängskiss av CAD-modellen i Catia v5 med dess ingående delar.



Figur 2.5. Sprängskiss av DJI FlameWheel med artikellista gjord i Catia v5

Specifikationer från DJI användarmanual (DJI 2015)

Diagonal längd mellan rotorbladens mitt: 450mm

Artikel	Vikt(gram)
Ram	282
Motor	57
Propeller	13

3. METOD

I denna del presenteras tillvägagångssättet och upplägg av projektet.

3.1 HTA

En drönare skall monteras och sättas ihop i den tänkta monteringslayouten. För att få en bild av monteringsprocessen för den valda drönaren DJI F450 studerades montaget genom videoklipp (DJI, 2012) där den aktuella drönaren monterades ihop för hand. Detta gav underlag till hur utförandet av montaget kunde se ut och i stora drag också borde se ut för att fungera.

För att få en mer konkret uppgiftsbeskrivning över alla moment i monteringsprocessen framställdes en HTA. Monteringsprocessen fanns tillgänglig i produktmanualen av tillverkaren DJI (2015), det var utifrån denna och videoklippen vilket uppgiftsbeskrivningen utfördes. Vidare kategoriserades deluppgifterna i uppgiftsbeskrivningen utefter den möjlighet en robot kan utföra och finnas behjälplig.

För att en uppgiftsanalys inte ska vara för komplex eftersträvas det en bredare struktur istället för en djupare. En djup struktur ger en komplicerad struktur vilket kräver hjälpmedel av exempelvis en instruktionslista eftersom det är svårt för operatören att minnas alla deluppgifter. Därmed kan kognitiva eller fysiska hjälpmedel behövas för att underlätta montörens arbetssituation, vilket en kollaborativ robot kan bidra med.

3.2 Omvärldsbevakning

Nästa steg i processen var en idéfas där tankar över monteringsprocessen diskuterades. För att skapa sig en bild över möjligheter och hinder för att skapa en kollaborativ arbetsstation utfördes en omvärldsbevakning på internet. Även ett möte på ABB anordnades för att inhämta inspiration. Fokus var att hitta tidigare exempel över hur en kollaborativ arbetsmiljö med YuMi kan se ut och hur montering då utförts.

3.2.1 Besök på ABB i Mölndal

Den 6 februari besöktes ABB för att träffa Magnus Seger, Principal Engineer Digital Factory. Detta gjordes tillsammans med Per Nyqvist, forskningsingenjör vid Chalmers och två andra studenter vilka också använder RobotStudio i sitt examensarbete. På mötet fördes en dialog kring tänkbara avgränsningar av examensarbetet för att det inte skulle bli för omfattande. Programvaran RobotStudio introducerades för de deltagande med en genomgång och en diskussion över examensarbetet i grova drag. Det ABB ansåg vara intressant att utföra under projektets gång var implementering av punktmolnsdata i RobotStudio och att skapa en monteringsstation med den kollaborativa roboten YuMi.

3.2.2 YuMi

Då den kollaborativa roboten YuMi skulle användas var det viktigt att ta reda på hur den fungerade och vilka begränsningar som existerade. Eftersom roboten har två armar blev detta också något som gjorde monteringsprocessen annorlunda i sitt utförande. För att en arm inte skulle bli redundant behövdes en monteringsprocess vid stationen vilket möjliggjorde att båda armarna kunde arbeta simultant. För att detta skulle vara möjligt var det också viktigt att delarna till drönaren hade fixturer som inte bara lät en arm arbeta med pick and place.

YuMi är mer anpassad för att arbeta med sina armar framför sin statiska kropp (se figur 2.1). Den kan med andra ord inte använda armarna för att plocka upp föremål på ett arbetsbord bakom kroppen. Därmed måste tillförseln av material placeras i YuMi's direkta närhet vilket medför en viss platsbegränsning.

3.2.3 RobotStudio

Programmet ämnat att använda var RobotStudio och utbildningsmaterial utdelades av ABB till projektmedlemmarna. Utbildningsmaterialet gick igenom programmets funktioner med instruktioner för hur specifika moment utförs. Detta gav en överblick över RobotStudio och hur det var menat att användas.

3.3 Punktmolnsskanning

Nästa steg i processen var att implementera punktmolnsskanningen för SII-labbet till RobotStudio. Den punktmolnsdata som fanns tillgänglig för SII-labbet var sedan tidigare utförd av doktorander på Chalmers.

3.3.1 Implementering i RobotStudio

Implementering av punktmolnet genomfördes genom att ladda ner en tilläggsfunktion i RobotStudio som heter Point Cloud Import. Point Cloud Import är ett relativt nytt add-in och är fortfarande under utveckling, add-inen fungerade inte då detta skulle genomföras. Istället gavs tillgång till programfilen via personal vilket sedan installerades med hjälp av en installationsfunktion i RobotStudio.

Den tillgängliga punktmolnsdata för Chalmers SII-lab var inte möjlig att öppna i RobotStudio eftersom dess filformat ej var kompatibelt med programvaran. Istället togs punktmolnsskanningen in i CloudCompare där det gick att konvertera från det dåvarande filformatet .e57 vidare till .pts vilket stöds av appen Point Cloud Import i RobotStudio.

Cloudcompare användes också för att tunna ut punktmolnsdatan, detta gjorde att implementeringen och arbetet blev så smidigt som möjligt i RobotStudio. Punktmolnsdatan bestod av extremt många punkter i rummet vilket blev alldeles för tungt för RobotStudio, det CloudCompare användes till var att skapa ett rum mellan varje punkt. Här valdes avståndet 5 mm, vilket gjorde att programmet tog bort punkter där minsta radien mellan två punkter blev 5 mm,

därmed blev tätheten mindre. Genom förtunningen av punktmolnet gick det att minska processorkraft och storlek på datafilen som sedan kunde öppnas i RobotStudio.

Det var också möjligt att klippa bort delar av punktmolnet för labbet som inte fyllde någon direkt funktion, exempelvis taket. Begränsningen i höjd av rummet ansågs inte vara något problem. När väl punktmolnet implementerades i RobotStudio var det möjligt att utforma monteringsstationen utefter denna.

När punktmolnet sedan implementerades i Robotstudio var det möjligt att gå in i VR-miljön för att utvärdera utseendet av molnet. Det visade sig att punktmolnet av SII-labbet blev transparent vid en närmare vy, vilket försämrade den rumsliga känslan. Av anledning till transparensen var det eftersträvarsvårt att modifiera punktmolnet där väggar och detaljer blev mindre transparenta och mer tydliga vid närmare vyer.

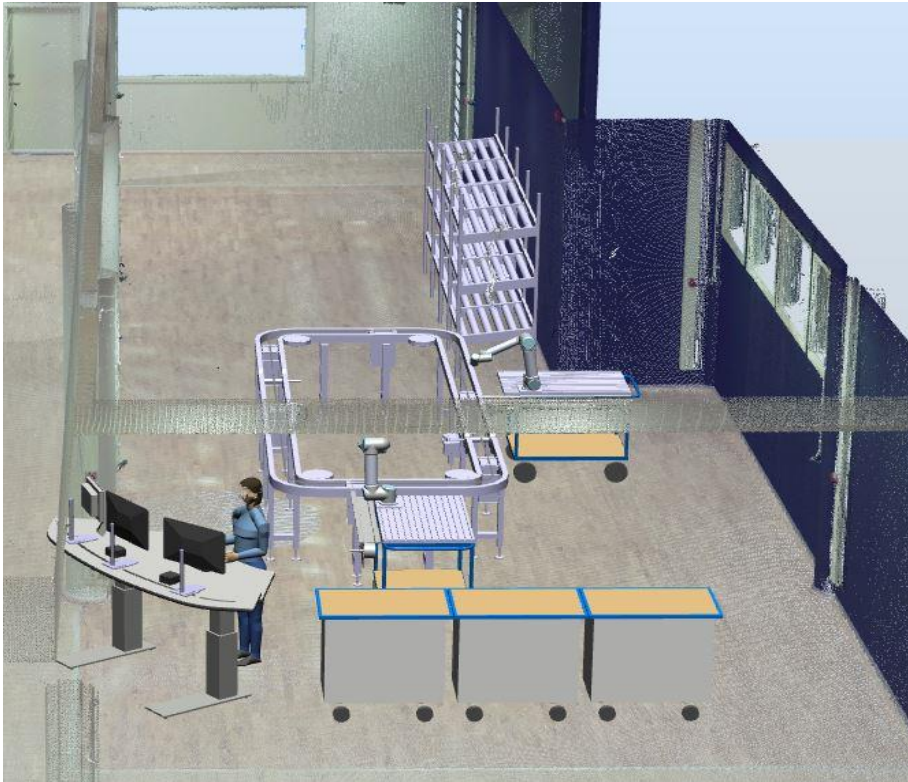
Vid modifiering av punktmolnet för att göra det tätare skapades en mesh som sammanbinder punkter med varandra likt ett nät. Med hjälp från Jonatan Berglund, doktorand på Chalmers, utfördes en mesh av punktmolnet genom att sammanföra en modifierad referens av punktmolnet tillsammans med originalet. När det var gjort var det möjligt att importera det modifierade punktmolnet till Robotstudio som en geometri.

3.4 Design av monteringslayout

För att inleda processen konstruerades en layout med de föremål som respektive koncept hade gemensamt. Det är baserat på de produkter vilka var tillgängliga i SII-labbet och var ämnade att användas. En betydelsefull del var punktmolnet eftersom hela layouten bygger på lokalens yta. Placeringen av det ovalformade transportbandet i layouten var sedan lämplig att importera, då denna förser monteringsstationerna med material. Transportbandet har på angivna positioner moduler, vilka kan föra ut material till mindre transportband vid exempelvis monteringsstationer.

Plats runt om bandet sågs vara betydelsefullt eftersom det skulle få plats olika arbetsstationer runt om bandet likväl att det skulle finnas utrymme för personer att ta sig runt bandet utan svårigheter. Efter att ha fastställt var det ovalformade transportbandet skulle placeras placerades de tillhörande arbetsstationerna, arbetsbänkarna samt dator-uppsättningen till i layouten. Detta utgjorde grunden för layouten och koncepten baserades på denna uppställning av artiklar.

För att visualisera monteringslayouten och säkerställa framkomlighet och skalenlighet användes VR-applikationen i Robotstudio. Genom applikationen var det möjligt att befinna sig i modellen och via handkontrollerna förflytta sig i rummet.



Figur 3.6: Överblick av grundlayouten i RobotStudio

3.5 Koncept av layout och fixturer

Drönaren är konstruerad för hobbyentusiaster och har en monteringsprocess som kräver flexibilitet och problemlösningsförmåga. På grund av detta togs beslut att fokus skulle läggas på en specifik del av monteringen där YuMi klarar av att vara behjälplig. Av den anledningen eliminerades all kabeldragning, lödning och sammansättning av alla elektronikkomponenter till monteringsstationen. Det ansågs vara för svårt och oberäkneligt för en robot att utföra dessa moment. Det beror på att kablar inte går att ordna i en förutsägbar position för roboten och lödningen är i sitt utförande oberäkneligt.

Den del av monteringen vilket ansågs passa bäst att skapa en station kring var montage av armar, spolar, propellrar och toppen-/bottenplatta med tillhörande förmontage. Dessa delar är fasta och har en tillfredsställande storlek för YuMi att hantera. Av den anledningen är artiklarna möjliga att greppa och förflytta utan att de ter sig oberäkneligt. Delarna fästs samman med hjälp av M3-skravar mellan spole och arm samt M2.5-skravar mellan bottenplatta, toppenplatta och armar.

Grundlayouten är uppbyggd av den nuvarande modell som är på plats i labbet. Koncepten utvecklades från grundlayouten med hjälp av den omvärldsbevakning som gjorts samt försedda CAD-modeller från labbet. För andra modeller och konstruktioner vilka inte fanns befintligt skapades på egen hand i Catia V5.

3.6 Urval koncept

För de genererade koncepten användes en urvalsmatris. Se figur 4.16 i resultat. Matrisen stod till grund för val av slutgiltigt koncept och baserades på viktade uppsatta kriterier. Kriteriernas viktning berodde på dess relevans i monteringsutförandet och ansågs utgöra en rimlig anvisning över vad som var värt att arbeta vidare med. Viktningen tilldelades en siffra mellan 1-5 där den lägsta nivån inte anses vara viktig och högsta nivån ytterst relevant.

Viktningen baserades på utnyttjandet av det ovalformade transportbandet, en okomplicerad montering och att YuMi's båda armar simultant kan arbeta tillsammans med varandra. Transportbandet finns tillgängligt i Chalmers SII-labb och är därför menat att använda. En okomplicerad montering önskades eftersom en montör inte ska behöva använda sig utav kognitiva hjälpmedel för att kunna utföra sina arbetsuppgifter. Med andra ord är det inte menat att en operatör ska behöva utföra för många deluppgifter av ett moment. Roboten har för avsikt att underlätta arbetet för montören genom att utföra en del av arbetsuppgifterna. YuMi's potential med sina två armar ansågs vara viktiga att utnyttja, vilket därför viktades högt.

En skala tilldelas för varje kriterium inom de tre koncepten, detta är en bedömning huruvida varje koncept överensstämmer med följande kriterium, Skalan är mellan 1-5 där den lägsta nivån inte överensstämmer alls med kriteriet och den högsta skalan överensstämmer i högsta grad. För varje koncept multipliceras sedan viktningen med skalan.

3.7 Validering

För att få ökad förståelse över layoutens olika delar utfördes en validering genom användning av virtuell verklighet. I den virtuella världen får en upplevelse där det är enkelt att se hur layouten kan se ut i verkligheten. Under skapandet av de olika konceptet nyttjades virtuell verklighet för att validera storlek, position, punktmolnets grafik och andra aspekter som är svåra att uppskatta i en tvådimensionell vy.

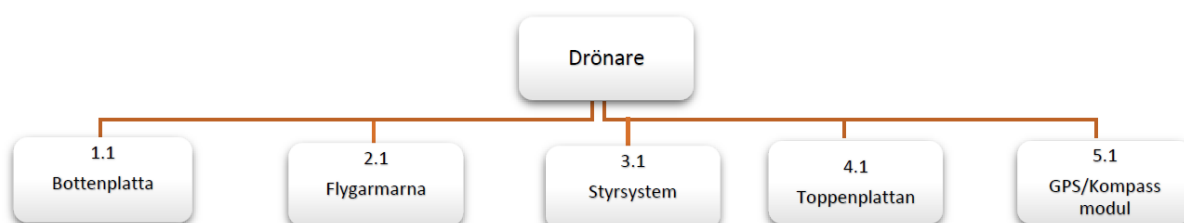
Vid invigningen av Chalmers SII-lab fick medverkande möjlighet att uppleva ett av koncepten i virtuell verklighet. Den största andelen av besökarna var företagsrepresentanter från industrin och sågs som lämpliga testare. De som testade blev introducerade till layouten samt de verktyg och funktioner som finns i RobotStudio. De medverkande under invigningen hade olika erfarenheter av att använda verktyg såsom virtuell verklighet sedan innan. Det gav en bred bas av feedback både från erfarna och oerfarna användare. Den feedback som uppkom under invigningen då demon av projektet demonstrerades användes för att validera monteringslayouten och tillhörande funktioner i RobotStudio.

4. RESULTAT

I detta avsnitt presenteras de resultat som framställts under projektets gång.

4.1 HTA

Den slutgiltiga HTA:n har en bredd på fem nivåer och ett maximalt djup på tio nivåer. Allokeringen av uppgifterna visas genom färgläggning av de olika stegen (se bilaga 1). De gulmarkerade är menade att vara subassembly, grön indikerar robotens möjliga uppgifter och de steg som operatören kan utföra markeras med grått.



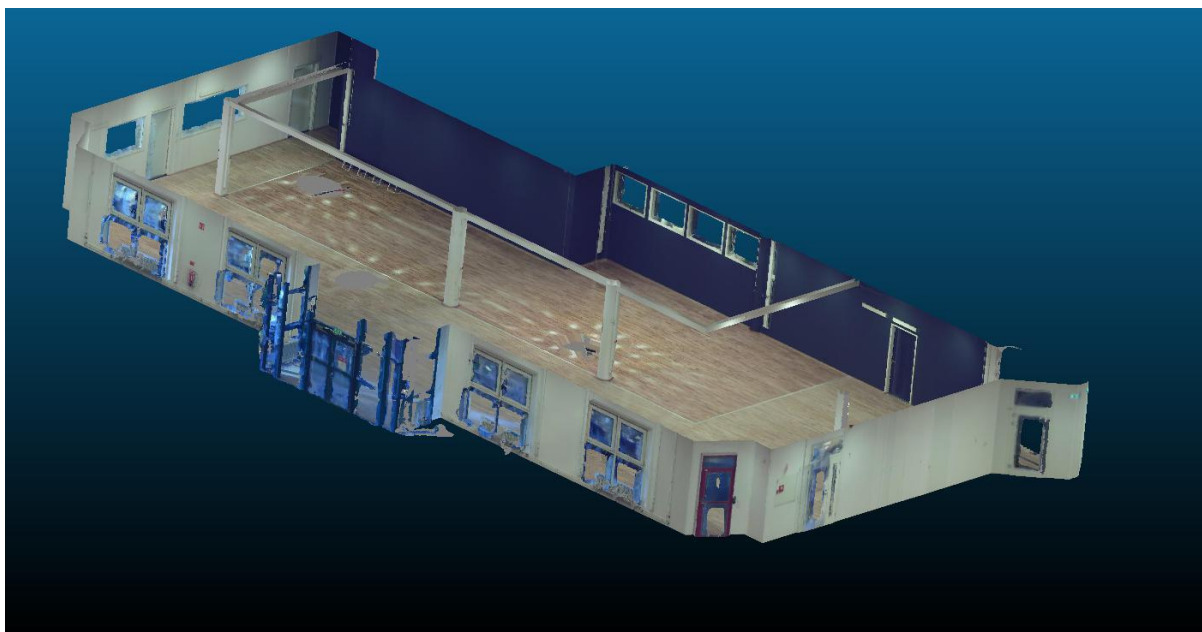
Figur 4.7: Huvudnivåer av HTA för montering av drönaren

4.2 Punktmoln

Följande avsnitt presenterar resultaten av punktmolnet.

4.2.1 Uttunnat punktmoln

Det första punktmolnet av SII-labbet är uttunnat med punkter där radieavståndet mellan varje punkt inte understiger 5 μ m. Taket är i figurerna nedan bortklippta och skärmlippen tagna i programvaran Cloudcompare.



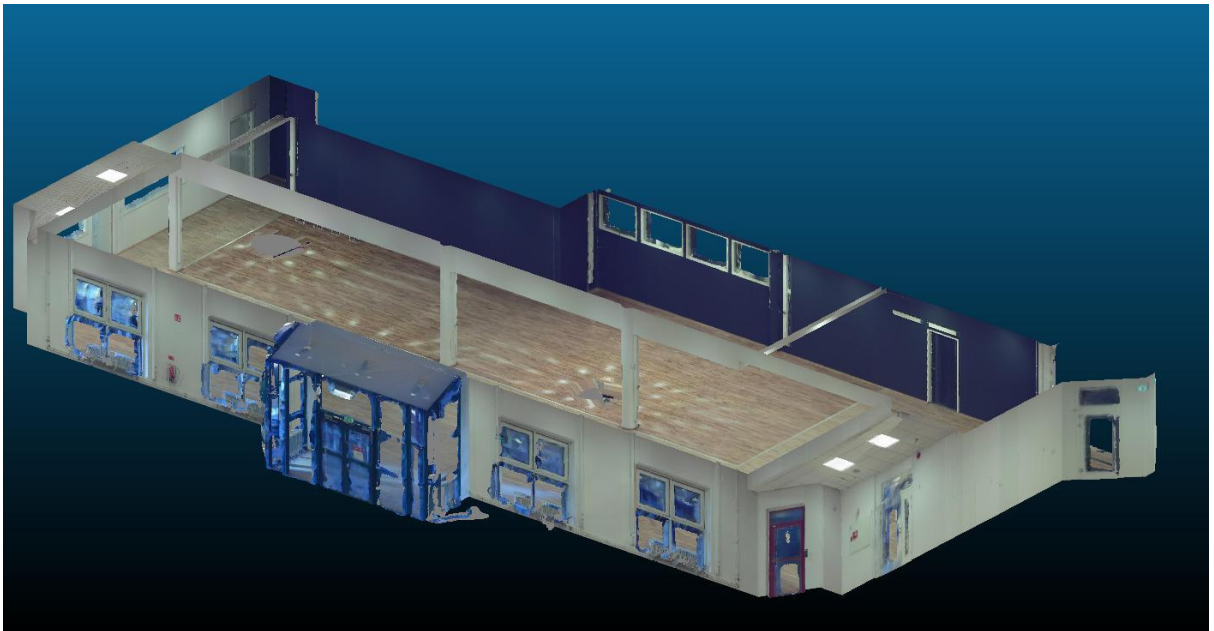
Figur 4.8: Uttunnat punktmoln av SII-labbet skapad i CloudCompare



Figur 4.9: Närmare vy av uttunnat punktmoln från CloudCompare

4.2.2 Triangulerat punktmoln

Modifierat punktmoln där punkter sammankopplats likt ett nät. Taket är bortklippt och skärmklipp tagna i Cloudcompare.



Figur 4.10: Triangulerat punktmoln, skärmklipp från CloudCompare



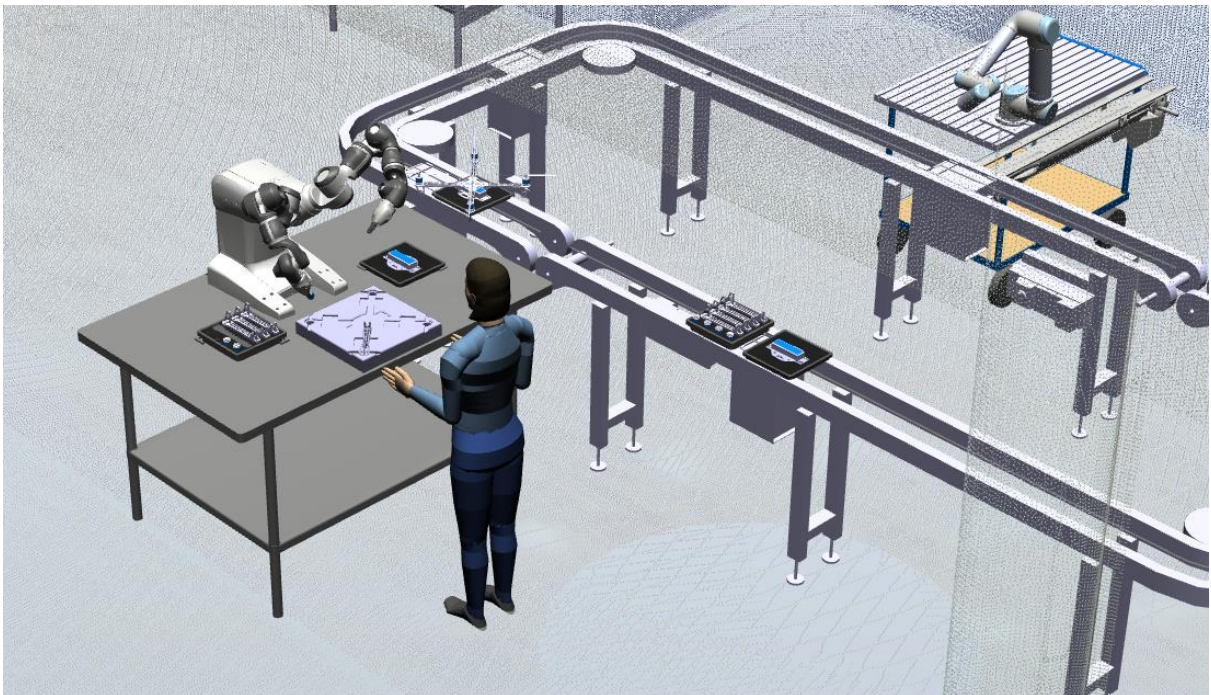
Figur 4.11: Närmare vy av triangulerat punktmoln i CloudCompare

4.3 Konceptgenerering

I detta avsnitt redovisas de koncept som genererats i projektet.

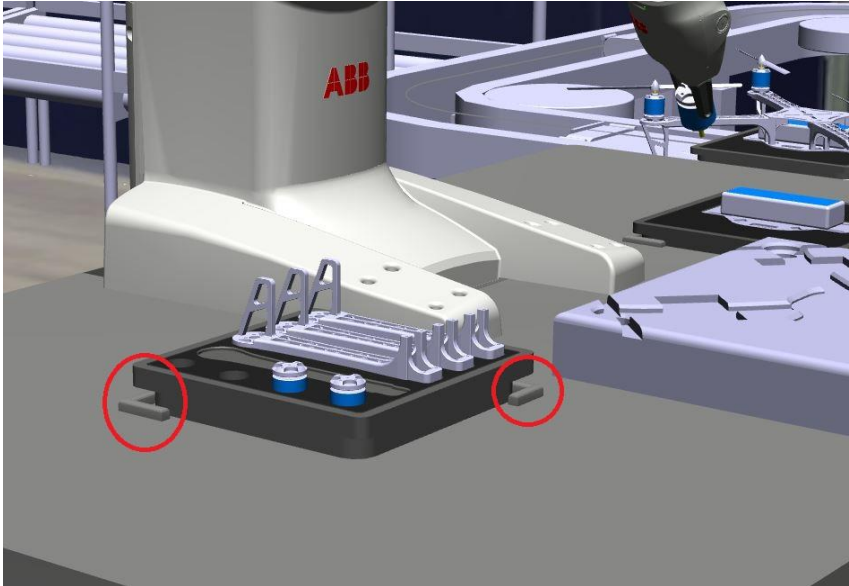
4.3.1 Koncept 1

Konceptet hanterar större delen av monteringsprocessen där YuMi's båda armar arbetar med pick and place.



Figur 4.12: Överblick på arbetsstationen av koncept 1 i RobotStudio

- Drönarens delar är placerade på paletter som förflyttas till stationen med hjälp av transportbandet.
- Operatören tar sedan paletterna och placerar dem vid angivna platser på arbetsbordet. I figur 7 som visas nedan, är de kanter inringade som utgör den angivna platsen för en av paletterna.

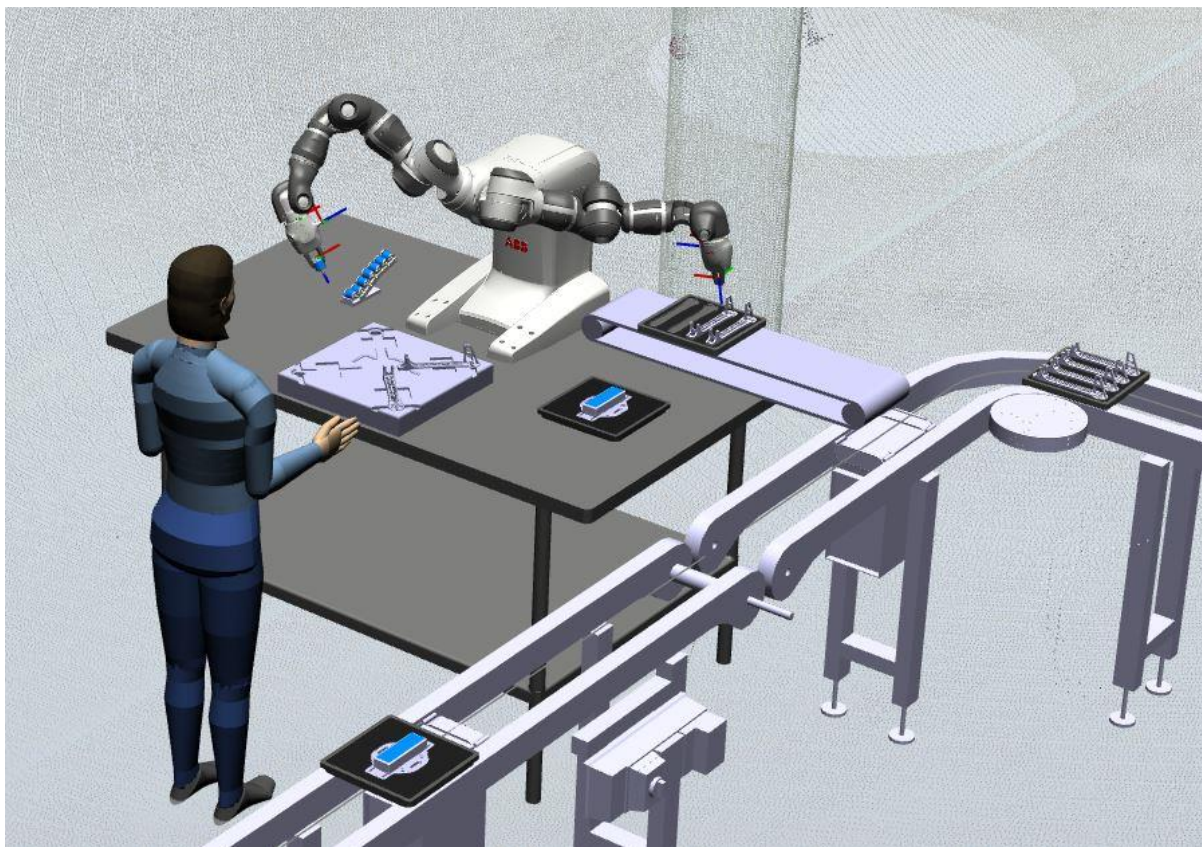


Figur 4.13: Visar de kanter på arbetsbordet som definierar palettens placering.

- Roboten tar sedan spolarna och armarna från fixturen och placerar dessa på en annan fixtur där monteringen sker.
- När armarna och spolarna är på plats i fixturen skruvar montören fast dessa med en handhållen skruvdragare.
- Efter detta placerar montören bottenplattan som är förmonterad med elektronikkomponenter på monteringsfixturen och fäster denna ihop med armarna med hjälp av skruvar.
- Sedan vänder operatören den monterade konstruktionen på andra sidan och skruvar fast toppenplattan.
- Därefter placerar montören den ihopskruvade konstruktionen på bandet för vidare transport till nästa arbetsstation.

4.3.2 Koncept 2

Här presenteras ett koncept med en arbetsstation där roboten har tillgång till de delar som används mest frekvent i monteringen av drönaren, alltså spolarna samt armarna.



Figur 4.14: Överblick på arbetsstationen av koncept 2 i RobotStudio

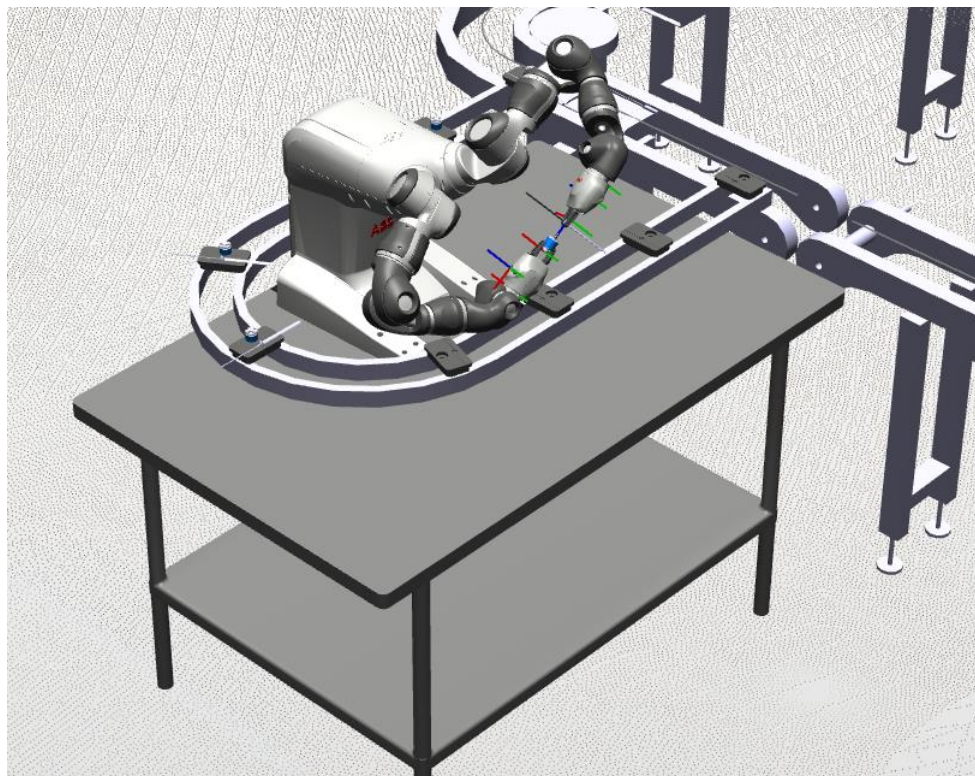
Spolarna och armarna finns alltid tillgängliga på arbetsbordet och detta inom YuMi's räckvidd. Spolarna tillförs genom en påfyllningsbar rutschkana och armarna på ett materialband bredvid YuMi. De andra komponenterna tillförs likadant som i koncept 1 med hjälp av transportbandet.

- YuMi placerar ut spolarna och armarna samtidigt som operatören placerar ut de paletter med material som levereras via transportbandet.

Resterande montering sker i likadan frekvens som i koncept 1.

4.3.3 Koncept 3

Sista konceptet presenterar en layout där roboten är tänkt ska utföra en mindre del av monteringsprocessen men illustrerar också en process där armarna samarbetar. Detta koncept är automatiserat och det finns ingen uppgift allokerad till en operatör.



Figur 4.15: Överblick på arbetsstationen av koncept 3 i RobotStudio

En materialkarusell roterar runt YuMi för att leverera material till monteringsprocessen, där material tillförs från transportbandet. På materialkarusellen roterar ett visst antal paletter där varje palett bär på en spole och en propeller. Tanken är att YuMi plockar upp respektive komponent med varsin arm för att sedan synkroniserat montera ihop spolen med propellern. När spolen och propellern är monterade placeras komponenten på en fixtur som sedan transporteras till nästa arbetsstation.

4.4 Urval koncept

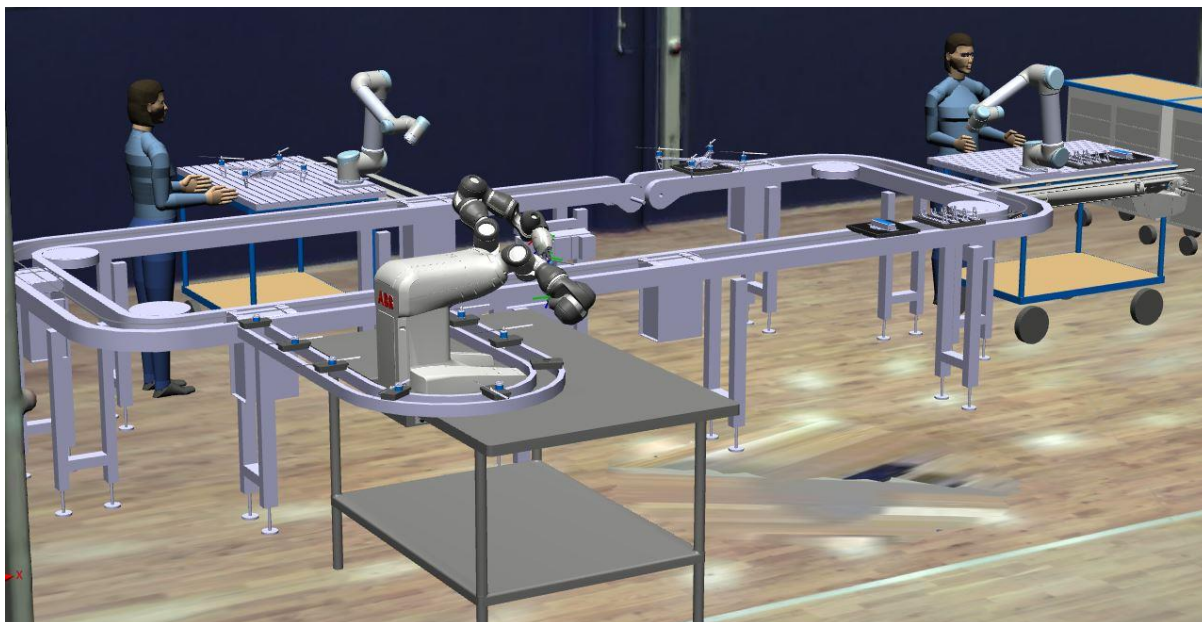
Urvalsmatrisen resulterade i att Koncept 3 fick högst poäng vilket illustreras i figur 15. Matrisen baseras på fem kriterier vilka har viktats beroende på relevans. Skalan beskriver hur väl kriteriet uppfylls för varje koncept. Poäng för ett koncepts kriterium beräknas genom att multiplicera viktningen med den skala ett koncept är tilldelat.

		Koncept 1		Koncept 2		Koncept 3	
	Viktning	Skala	Poäng	Skala	Poäng	Skala	Poäng
Antal moment i montering på arbetsstationen	4	4	16	3	12	1	4
Ej komplicerad montering	4	1	4	2	8	4	16
Jämn allokering människa/robot	3	3	9	2	6	1	3
Utnyttjande av YuMi's båda armar	3	1	3	2	6	5	15
Utnyttjande av transportband	3	2	6	3	9	4	12
			38		41		50

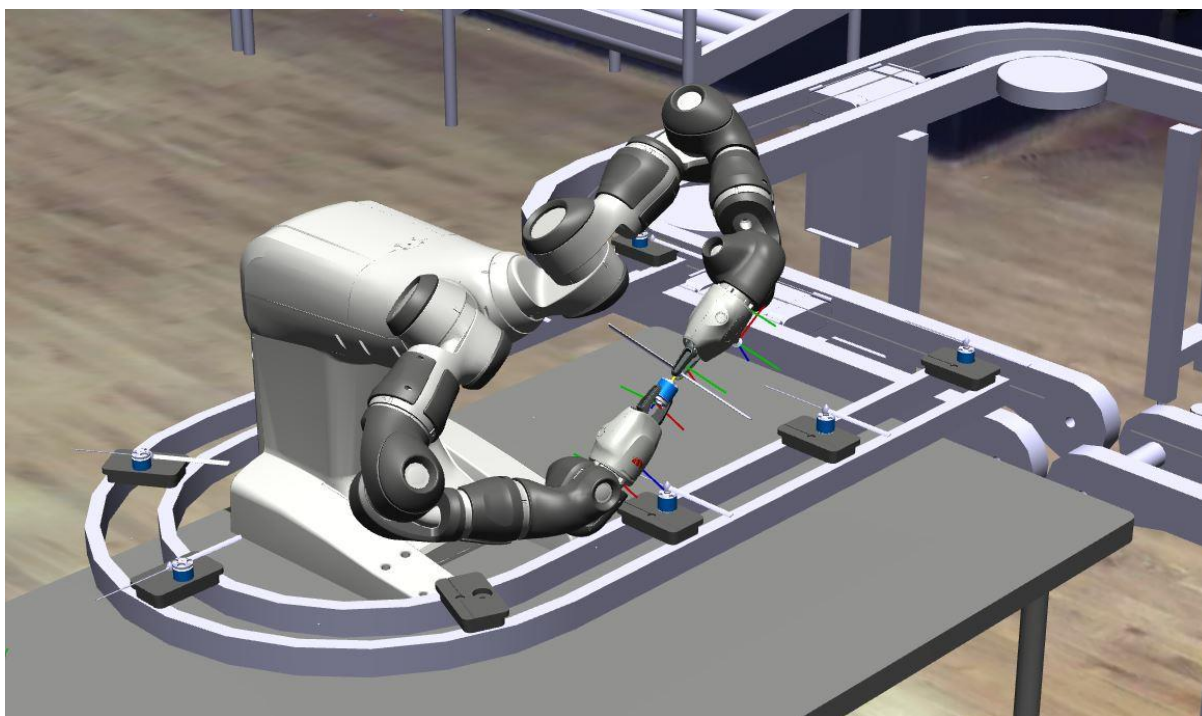
Figur 4.16: Urvalsmatris för samtliga koncept

4.4 Slutgiltigt koncept

Det koncept urvalsmatrisen utnämnde till vinnare var koncept 3 vilket är byggt på en station där YuMi hanterar montering av propeller och spole utan inblandning från montör. Syftet är att stationen ska bidra med självgående montering av ett moment som utnyttjar YuMIs båda armar och tar bort en monoton del av monteringen.



Figur 4.17: Överblick av slutgiltigt koncept i RobotStudio



Figur 4.18: Närbild på YuMi och materialkarusellen av slutgiltigt koncept i RobotStudio

5 DISKUSSION

I följande avsnitt är diskussionen uppdelad i tre delar. En del där projektet i helhet diskuteras och de två andra inriktade mot koncept och punktmoln.

5.1 Skapandet av en virtuell kollaborativ monteringslayout

Under projektets gång visade det sig att ett av de största problemen var tidsåtgången för att lösa problem vilka inte har haft någon direkt koppling till frågeställningen. Eftersom det inte fanns något standardiserat arbetssätt och att RobotStudio fortfarande är under utveckling för punktmolnsintegrering försvårades arbetet. För att underlätta detta bör man jobba nära med kunniga personer inom punktmoln, RobotStudio men också PLC-programmerare. Genom detta kan de bidra med lösningar till oväntade problem där det saknas kunskap. Detta betyder inte att de personerna alltid besitter lösningen då vissa problem kan vara utanför deras kunskap.

Orsaken till den oväntade tidsåtgången började troligtvis i planeringsstadiet. Med begränsad information om arbetssättet uppskattades olika faser i projektet med en orimlig tidsgräns. I försök att uppnå resultat inom varje tidsram utfördes inte bakgrundsstudierna tillräckligt noggrant. Detta ledde tillslut till att mycket tid lades på problemlösning. Bland annat saknades kunskap om RobotStudio och den handledning som gavs var inte tillräcklig för att använda sig av programmet på rätt sätt. För att få hjälp i de svårigheter där det saknades tillgänglig information, spenderades också stor mängd tid att hitta svar på internetforum och för att kontakta personer med god kunskap om RobotStudio.

Som del av digitaliseringen, finns det flera fördelar med virtuella layouter. En layout integrerad med bland annat programmering kan skapa en bas där modifieringar samt beslut kan tas innan en fabrik byggs upp och sätts i bruk. Det finns ingen tvekan att det både är tid- och kostnadseffektivt att genomföra virtuella miljöer med verkliga parametrar. För att kunna skapa en avancerad virtuell miljö såsom en virtuell drifttagning är en bred kunskapsbas relevant att ha. RobotStudio är inget program man förväntas behärska efter några månader, det är nödvändigt att ha en bred kunskap och goda möjligheter att få hjälp för att kunna utföra avancerade simulationer.

5.2 Koncept

För att få en konkret siffra på vilket av de koncept som ansågs uppfylla de uppsatta kriterierna, användes den urvalsmatris som presenterades i kapitel 4. Slutgiltiga konceptet blev koncept 3 vilket i viss omfattning var oväntat på grund av sin enkelhet. Fördelen med konceptet är till skillnad från de andra att båda YuMi's armar utnyttjas samtidigt och en relativt enkel montering utförs. Nackdelen med konceptet är de antal moment som stationen hanterar. De andra koncepten behandlar en betydligt större del av monteringen och är därför mer plats- och kostnadseffektiva. Den dimensionen bland kriterierna i urvalsmatrisen fanns inte med i tillräckligt stor grad.

Sett till interaktion mellan robot och montör är koncept 1 och 2 bättre lämpat än 3 då det konceptet inte har några uppgifter allokerade för en montör. I stora drag var koncept 2 tänkt vinnare, bland annat på grund av användandet av transportbandet men även den generella materialtillförseln. Koncept 2 använder ett effektivare alternativ av pick and place än vad koncept 1 gör vilket bidrar till varför koncept 2 är prefererat över koncept 1. Poänggivningen i urvalsmatrisen åskådliggör också detta.

Koncept 3 anses vara innovativt och intressant vilket gör det till ett passande slutgiltigt koncept. Det är likaså relativt enkelt att utföra, inte alltför många olika delar behöver tillverkas och programmeringen bör inte vara komplicerad för en kunnig robotprogrammerare.

Enligt användarmanualen DJI (2015) är propeller och spole inte menat att monteras innan test av de elektriska komponenterna utförts. I koncept 3 är inte de elektriska komponenterna anslutna med varandra. Därav är konceptet inte realistiskt i sitt utförande eftersom inblandning av propeller är menat att ske i slutet av hela monteringsprocessen då komponenterna testats.

5.3 Punktmoln

Trianguleringen av punktmolnet för SII-labbet bidrog till att verklighetsuppfattningen i VR-miljön blev större jämfört med originalet. Det var möjligt att modifiera punktmolnet ytterligare genom att ändra ljussättning och kontraster men ansågs i sammanhanget inte nödvändigt. I punktmolnet som användes i slutgiltiga konceptet var taket på insidan svart vilket gav framförallt VR upplevelsen mindre verklighetskänsla. Detta behöver undersökas och problemet ligger troligtvis i den del där punktmolnet meshats. Problemet löstes istället genom att klippa bort taket i CloudCompare och därmed göra det osynligt.

6. SLUTSATS

En virtuell kollaborativ arbetsstation för tillverkning av drönare framställdes och implementering av punktmolnsdata utfördes i programvaran RobotStudio.

RobotStudio är ett kraftfullt program med många funktioner. För två förstagångsanvändare var det förhållandevis svårt att använda alla de funktioner som önskats. Att göra programmet fullt kompatibelt för implementering av punktmoln är ännu ej utfört vilket tyder på att användningen för det ändamålet än inte är tillräckligt stort. Av projektgruppens upplevelser önskas en applikation där punktmoln enklare kan importeras i RobotStudio med möjlighet att använda sig utav fler filformat.

I RobotStudio finns också en applikation för VR vilket projektgruppen anser är ett kraftfullt verktyg för att planera och utvärdera uppbyggda layouter. I kombination med implementering av punktmolnsdata uppfattas miljön mer realistisk. Vad projektmedlemmarna anser är önskvärt att vidareutveckla är möjligheterna att i VR-miljön modifiera layouten. Det är bland annat möjligt att förflytta föremål, jogga robotar samt rita i rummet. Vad som inte är standard i gränssnittet för VR-applikationen i RobotStudio är att kunna förflytta föremål i bestämda riktningar. Därutöver önskas möjligheten att skapa och verkställa rörelser i VR för att enklare kunna programmera robotsekvenser.

Förbättring av det framställda punktmolnet anser projektmedlemmarna nödvändigt. Det är därför önskvärt att arbeta vidare med meshen för att förbättra kvalitén men också att optimera storleken på filen. På det sättet blir arbetet med punktmolnet mer användarvänligt.

Den slutgiltiga layouten kan utvecklas på många olika fronter. Eftersom projektet utfördes på begränsad tid valdes det att genomföras utan någon form av programmering. Detta skapar möjligheten att applicera den programmeringskod som utför monteringsfrekvensen. Med programmering det möjligt att genomföra simulationer och även virtuell driftsättning.

KÄLLFÖRTECKNING

Artiklar

Bernard F. (2010, 26 nov) The DASSAULT SYSTEMES success story. *Isicad*.
http://isicad.net/articles.php?article_num=14120

Brown, J., (2016) DJI F450 Quadcopter: A versatile and elegant multirotor. *MyDroneLab LLC*.
<http://mydronelab.com/reviews/dji-f450-quadcopter.html>

Brown M. (2016, 28 Juli) Exploring the magic behind the Htc Vive controller
<https://www.vrheads.com/exposing-magic-behind-htc-vive-controller>

Cieпка G. (2016, 3 oktober) What is a point cloud. *3Deling*.
<http://www.3deling.com/whta-is-a-point-cloud/>

Lang B (2017, 13 april) Latest HTC Vives are shipping with tweaked base stations, redesigned packaging. *Road To VR*.
<https://www.roadtovr.com/latest-vive-shipping-with-tweaked-base-stations-redesigned-packaging/>

Marjanovic M., (2007, 4 December) A process for converting a set of image slices into a segmented 3D surface mesh. *The University of British Columbia*.
<https://www.artisynth.org/OPAL/MarkoMarjanovic>

Bilder

ABB (2018) YuMi är den nya generationens kollaborativ robot med smart robotbeteende.
<http://new.abb.com/products/robotics/sv/industrirobotar/yumi>

Joubair A. (2014) *Repeatability and accuracy over 10 measurements*. [Elektronisk bild]
<https://blog.robotiq.com/bid/72766/What-are-Accuracy-and-Repeatability-in-Industrial-Robots>

Marjanovic M., (2007, 4 December) A process for converting a set of image slices into a segmented 3D surface mesh. *The University of British Columbia*.
<https://www.artisynth.org/OPAL/MarkoMarjanovic>

Vive (2018) Vive Virtual Reality System
<https://www.vive.com/us/product/vive-virtual-reality-system/>

Böcker

Fast-Berglund, Å, Mattsson, S, (2017), *Smart Automation*, Lund: Studentlitteratur.

CAD-modeller

Elhamrawy A. (2016) *Grabcad Community: #001 - Quadrotor Frame*. [CAD]
<https://grabcad.com/library/001-quadrotor-frame-1>

Datablad

DJI (2015) *FlameWheel450 User Manual v2.2*.
http://dl.djicdn.com/downloads/flamewheel/en/F450_User_Manual_v2.1_en.pdf

Presentationer

Crowther P. (2015) *YuMi - IRB 14000: Overview*. [PDF-presentation]
<https://library.e.abb.com/public/4bcf2603f76f49088b80f7f1c49045eb/IRB14000ExternalVersionFinal.pdf>

Ekered S., (2017) *Grundläggande Robotteknik* [PowerPoint-presentation]
Hämtad från LMT108 Automatiseringsteknik H17 i PingPong.

Rapporter

Lennartsson P., Lindholm P. (2016) *Utflyttning av produktion inom den Svenska industrin*. Statistiska Centrabyrån.
<https://www.scb.se/contentassets/b1ae4493ffd1404987a4d32cbf213ae5/utflyttning-av-produktion-inom-den-svenska-industrin.pdf>

Uppsatser

Smith, C. (2006) *On Vertex-Vertex Systems and Their Use in Geometric and Biological Modelling*. (Avhandling, The University of Calgary, Department of computer science). Hämtad från <http://algorithmicbotany.org/papers/smithco.dis2006.pdf>

Videoklipp

DJI (2012, 19 december) *DJI Naza-M Setup Demo-Main Controller Assembly*. [Videofil]
https://www.youtube.com/watch?time_continue=210&v=-kRd3NJgUM

DJI (2012, 19 december) *DJI F450 Setup Demo-Frame Assembly* [Videofil]
https://www.youtube.com/watch?time_continue=295&v=pUTHIL_Xfcc

Webbplatser

ABB (2018) ABB Robotics *Historical Milestones*.
<http://new.abb.com/products/robotics/home/about-us/historical-milestones>

ABB (2018) *RobotStudio: Robotsimulering av robot i 3D*.
<http://new.abb.com/products/robotics/sv/robotstudio>

ABB (2017) *VR-programmering är det nya paradigmskiftet*
<http://new.abb.com/se/om-abb/aktuell-lasning/fran-vr-till-verklighet>

ABB (2018) *ABB Robotics historical milestones: More than 40 years with ABB Robotics*.
<http://new.abb.com/products/robotics/home/about-us/historical-milestones>

ABB (2018) *YuMi är den nya generationens kollaborativ robot med smart robotbeteende*.
<http://new.abb.com/products/robotics/sv/industrirobotar/yumi>

ABB Engineering Ltd (2017) *YuMi creating an automated future together: You and me* [Datablad]
Shanghai: ABB.
<http://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK106354A3254&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

ABB Engineering (2016) *The future of robotics and automation depends on humans and robots working together*. [Datablad] Shanghai: ABB.
<http://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK106354A3278&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

Chalmers (2016) *Vision, mål och strategier*
<https://www.chalmers.se/sv/om-chalmers/miljo-och-hallbar-utveckling/vision-mal-strategier/Sidor/default.aspx>

Chalmers (2018) *Stena Industry Innovation Laboratory*
<https://www.chalmers.se/sv/styrkeomraden/produktion/innovationslab/csilab/Sidor/default.aspx>

Cloud Compare Wiki (2016) *Cloud Compare: Introduction*.
<http://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php?title=Introduction>

Deutsche Messe AG (2018) *Cobots: Man and machine, a team at the top of their game*.

http://www.hannovermesse.de/en/news/key-topics/cobots/?gclid=EAIaIQobChMIo_rpkeKs2gIV2cqyCh2nnA07EAAYASAAEgJ37_D_BwE

Deutsche Messe AG (2018) Industrie 4.0: Get ready for the connected industry
<http://www.hannovermesse.de/en/news/key-topics/industrie-4.0/>

DJI (2015) *FlameWheel 450: User Manual*. [Datablad] Shenzhen: DJI.
http://dl.djicdn.com/downloads/flamewheel/en/F450_User_Manual_v2.2_en.pdf

Flexlink (2018) *Flexlink: About Us*.
<http://www.flexlink.com/en/home/about-us>

Janlert L. E., Nationalencyklopedin (2018) *Virtuell verklighet*.
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/virtuell- verklighet>

Open Source Guides (2018) *Starting an open source project: Learn more about the world of open source and get ready to launch your own project*.
<https://opensource.guide/starting-a-project/>

Peshkin, M. A. (2018) *Cobots: Robots for collaboration with people*.
<http://peshkin.mech.northwestern.edu/cobot/>

Steam (2018) SteamVR: How it works
<https://store.steampowered.com/steamvr#HowItWorks>

Universal Robots (2018) *About Universal Robots: Our history*.
<https://www.universal-robots.com/about-universal-robots/our-history/>

Virtual Reality Society (2017) *History of virtual reality*.
<https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>

Vive (2018) *Vive VR System: Specs and details*.
<https://www.vive.com/us/product/vive-virtual-reality-system/>

Vive (2018) *Vive Virtual Reality System*
<https://www.vive.com/us/product/vive-virtual-reality-system/>

Vänligen notera!

Samtliga källförteckningar kontrollerades och verifierades 2018-05-17 med den text som källan hänvisas till. Datum då samtliga källor utnyttjades är därför satta till detta datum.

Bilaga 1

