



En förstudie i valet av visionsystem för industrirobot vid arbete i svår miljö

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Mekatronik

Sebastian Tolagen

Institutionen för signaler och system
Avdelning för reglerteknik, automation och mekatronik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige, 2013

Förord

Som student på Mekatronikingenjörsprogrammet vid Chalmers har jag valet att gå en COOP-inriktning. Det innebär att jag förlänger min utbildning med en termin genom att byta två av mina läsperioder mot praktikperioder på ett företag. Denna valmöjlighet vägde tungt i valet av min utbildning. Jag valde att göra mina praktikperioder på företaget Metso och det är här som jag har fått möjligheten att genomföra examensarbete. Metso är finsk industrikoncern som anställer ca 30 000 personer i över 50 länder. De levererar teknik och support till stora delar av processindustrin, bland annat pappersmassatillverkning, gruvdrift och återvinning[9].

Jag skulle vilja tacka de personer som har gjort genomförandet av arbetet och denna rapport möjlig: Min handledare på Chalmers, Morgan Osbeck; min närmsta chef på Metso, Johan Olsson; Produktchefen för roboten på Metso, Ola Herstad. Samtliga har varit mycket hjälpsamma och tålmodiga då de besvarat mina frågor och hjälpt mig längs vägen.

Sammanfattning

Det projekt som examensarbetet avhandlar kretsar kring en robot. Det är en robot som Metso erbjuder pappersmassabruk runt om i världen tillsammans med en rad andra lösningar. I dagens läge så kan roboten orientera sig och utföra sin arbetsuppgift hjälpligt. Inmätningen av omgivningen är tidskrävande och ger inte alltid en tillförlitlig bild av verkligheten. Detta kan ge upphov till dyra skador eller ännu dyrare driftstopp på pappersbruket. I anslutning till sodapannorna på flera pappersbruk runt om i världen är robotar installerade. Ur sodapannan rinner en het smälta av kemikalier ut genom löprännor. Robotens enda arbetsuppgift är att hålla löprännorna fria från stelad smälta som har kylts ner och fastnat. Problemet ligger i att sodapannan varierar i temperatur och last vilket innebär att även löprännan flyttar på sig, om än några millimeter. Projektmålet är att finna ett lämpligt visionsystem till en av Metsos robotar. Med hjälp av detta ska roboten snabbt kunna lokalisera en löpränna. Då samtliga aktuella leverantörer av visionsystem kontaktats och de svarat med lösningsförslag, vägdes dessa mot varandra. Efter att de tre mest konkurrenskraftigaste lösningsförslagen för visionsystem från företagen Mabema, Swedvision och Softdesign hade jämförts kom rapporten fram till att lösningsförslaget från Swedvision bedömdes vara det lämpligaste för Metsos applikation. Swedvision hade en stor erfarenhet i visionbranchen och visade imponerande referenser från tidigare sålda visionlösningar. Deras förslag kunde utvecklas efter Metsos behov till ett pris som låg inom budgetramen.

Summery

The project this thesis discusses revolves around a robot. It's a robot that Metso offers pulp mills around the world, together with a number of other solutions. At present the robot can orient itself and perform its duties reasonably well. The process of measuring the environment around the robot is time consuming and does not always give a reliable picture of the reality. This may cause expensive damage or even more costly downtime at the paper mill. At the recovery boilers of several paper mills around the world there are robots installed. From the recovery boiler runs a hot melt of chemicals through smelt spouts. The robot's only task is to keep the smelt spouts free of solidified melt that has cooled and stuck. The problem is that the boiler varies in temperature and load, this means that the smelt spout moves, albeit a few millimeters. The aim of the project is to find a suitable vision system for one of Metso's robots. With this vision system the robot is to be able to quickly locate a smelt spout. When all of the providers of vision systems had been contacted and they had responded, their solutions were measured against each other. After the three most competitive proposals for vision system from the companies Mabema, Swedvision and Soft Design had been compared, the report concluded that the solution proposed by Swedvision was judged to be most appropriate for Metso's application. Swedvision had extensive experience in the vision industry and impressive references from previously sold vision solutions. Their proposal could be tailored for Metso's needs at a price that was within the budget.

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte	1
1.3	Avgränsningar.....	1
1.4	Precisering av frågeställning.....	2
2	Teknisk bakgrund	3
2.1	Pappersmassatillverkning.....	3
2.2	Kemikaliecykeln	3
2.3	Roboten.....	4
2.4	Inmätning	4
2.4.1	Problematiken	5
2.5	Visionsystem.....	6
3	Metod.....	8
4	Genomförande	8
4.1	Analys av robotens arbetsmiljö.....	8
4.2	Slutsatser utifrån arbetsmiljöanalysen.....	9
4.3	Kravspecifikation.....	10
4.3.1	Pris inom budget	10
4.3.2	Lokalt kontor.....	11
4.3.3	Syna av rännan och identifiera skador/förändringar.....	11
4.4	FMEA	11
4.4.1	Rökutveckling	11
4.4.2	Smältastänk	12
4.4.3	Deformerad löpräna.....	12
4.4.4	Deformerat spett.....	12
4.5	Sökning av leverantörer	13
4.6	Kontakt av leverantörer.....	13
4.7	Kontaktade företag.....	14
4.8	Lösningar från kontaktade företag.	14
4.8.1	Lösningsförslag från Softdesign.....	15
4.8.2	Lösningsförslag från Mabema.....	16
4.8.3	Lösningsförslag från Consat.....	16
4.8.4	Lösningsförslag från Swedvision	17
4.8.5	Lösningsförslag från Omron	17
4.8.6	Lösningsförslag från Elektroautomatik	18
4.9	Val avleverantör.....	18
4.10	Vidare kontakt med Swedvision.....	19
5	Resultat	20
6	Diskussion.....	20
7	Referenser	21
8	Bilagor	22

1 Inledning

I anslutning till sodapannan finns på vissa pappersbruk en robot monterad. För att förbättra denna robots pålitlighet ska den utrustas med ett visionsystem.

1.1 Bakgrund

Det Finskgda företaget Metso tillverkar, säljer och underhåller ett flertal olika komponenter till bland annat pappersbruk runt om i världen, en av dessa komponenter är sodapannan. I en sodapanna förbränns svartlut som bildas vid tillverkning av pappersmassa. Den värme som alstras vid förbränningen används för att tillverka ånga som förbrukas vid massa- och papperstillverkning samt driver turbiner för att förse pappersbruket med elektricitet. Då svartluten förbränns bildas smälta som löses till grönlut i en grönlutstank. Smältan rinner ut från sodapannan till grönlutstanken via löprännor. Då smältan rinner igenom löprännorna kan delar av smältan stelna och därför måste löprännorna hållas rena genom kontinuerlig spettning.

Spettning innebär att löprännan rensas från stelnad smälta med ett järnspett. På grund av smältans höga temperatur är miljön där spettningen sker ogästvänlig. Till följd av detta har Metso på senare år tagit fram en lösning med en industrirobot vars enda uppgift är att spetta, detta för att bespara kundens anställda en otrevlig och farlig arbetsuppgift. Då sodapannan är ca 60-70 m hög och hänger i taket varierar löprännornas position med last och temperatur i pannan. Detta gör robotens miljö dynamisk eftersom löprännan byter position. Den kan flytta på sig ca 5 mm i sidled och djupled, i extremfallet, då pannan går från kall till varm kan löprännans position i höjdled skifta så mycket som 200 mm. Detta är anledningen till att koordinaterna där robotens ska verka inte kan hårdkodas. Problemet är att roboten inte alltid lyckas med sin uppgift och ibland orsakar dyra skador på sig själv och, eller omgivningen.

1.2 Syfte

Projektets syfte är att finna en lämplig optisk sensor som ska kunna monteras i anslutning till en robot. Den optiska sensorn ska med hjälp av lämplig mjukvara kunna identifiera en löpränna, beräkna dess position och läge och kommunicera den till roboten.

1.3 Avgränsningar

Den optiska sensorn och mjukvaran ska inte vara mer avancerade än att de ska kunna känna igen en löpränna på pannväggen. Andra, mer avancerade, arbetsuppgifter som denna typ av robot har potential att utföra om projektet skulle lyckas ska förbises när optisk sensor och mjukvara väljs.

Projektet avser endast att ta fram en prototyp som tillfredsställer syftet. Skulle projektet lyckas ska det inte avhandla den eventuellt påföljande monteringen av visionsystem på befintliga och framtida robotar.

1.4 Precisering av frågeställning

Vilka problem kan arbetsmiljön skapa?

Vilka faktorer i arbetsmiljön är avgörande för visionsystemets prestanda?

Var ska den optiska sensorn vara placerad i förhållande till roboten?

Behöver extra ljuskällor monteras i anslutning till den optiska sensorn?

Vilka krav ska ställas på den optiska sensorn?

Vilken optisk sensor är lämpligast?

Hur väl är projekt målet uppfyllt?

2 Teknisk bakgrund

I detta avsnitt kommer pappersmassatillverkningen att beskrivas kort. Processen som smältan ingår i kommer att förklaras närmare samt kortare teknisk data om spettningsroboten kommer att presenteras. Det kommer även att beskriva hur roboten mäter in löprännan i dagens läge samt förklara begreppet visionsystem.

2.1 Pappersmassatillverkning

Den råvara som är viktigast i tillverkningen av pappersmassa är träfibrer. Målet är att avlägsna ligninet som håller samman träfibrerna utan att skada dem. Det trä som används avbarkas och flisas mekaniskt [2] innan den kemiska behandlingen börjar.

I masskoket kokas vedflis med vitlut. Vitluten innehåller främst natriumsulfid (Na_2S) och natriumhydroxid (NaOH) [1] och bryter ner och löser ut lignin och större delen av hemicellulosan från vedflisen för att frisätta cellulosafibrerna. Det är efter att pappersmassan har framställts i masskoket som återvinningen av kemikalier börjar. Pappersmassan separeras från blandningen av kokkemikalier, utlöst lignin och utlöst hemicellulosa [3] som nu benämns svartlut.

2.2 Kemikaliecykeln

Vid tillverkning av pappersmassa vid pappersbruk krävs en stor mängd kemikalier, ca $3,5 - 4 \text{ m}^3$ per ton färdig pappersmassa [1]. Utan en effektiv återvinning av dessa kemikalier skulle det vara ekonomiskt omöjligt att massproducera pappersmassa till dagens pris och processen skulle vara mycket miljöskadlig. Svartlutet innehåller vatten efter massakoket, vid indunstningen kokas detta vatten bort. Ju mindre andel vatten som återstår, ju effektivare kan svartlutet senare förbrännas. Innan indunstningen har svartlutet en torrhalt runt 12 % - 20 %, förbränning av svartlutet i detta tillstånd skulle kräva mer värme än vad som skulle avges. Processen sker i en mängd seriekopplade värmeväxlare där vattenånga förbrukas för att höja svartlutets temperatur så att vatten dunstar bort i ångform [4]. Den vattenånga som bildas här kan användas i andra processer i pappersbruket. I sodapannan sprutas svartlut in för att förbrännas. Svartlutens organiska ämnen, huvudsakligen lignin och hemicellulosa, brinner upp till koldioxid, vatten. Denna del av processen används för att bilda vattenånga i ledningar i pannväggen. Vattenången förbrukas i andra processer, som till exempel indunstningen, eller omvandlas till elektrisk energi i turbiner.

Svartlutens oorganiska ämnen erhålls som smälta i botten av sodapannan, främst natriumsulfid (Na_2S) och natriumkarbonat (Na_2CO_3) [5]. Därifrån rinner de ut ur pannan genom löprännor och ner i en lösartank. Det är här som spettrroboten arbetar, lufttemperaturen ligger runt 40°C och smältans temperatur är cirka 900°C . Eftersom miljöskiftet för smältan innebär en drastisk sänkning av temperaturen kan den stelna i löprännan. Det är för att förhindra detta som roboten spettar. I lösartanken släcks kemikalierna genom att de löses i vatten, nu benämns blandningen grönlut. För att framställa natriumhydroxid (NaOH) som ingår i vitlut blandas lösningen med bränd kalk som reagerar med natriumkarbonat i grönlut, denna process kallas kausticering [1].

Nu innehåller Blandingen natriumsulfid (Na_2S) och natriumhydroxid (NaOH) och är därmed återigen vitlut som kan användas vid massakoket. I framställningen av natriumhydroxid (NaOH) bildas även kalciumkarbonat (CaCO_3), ofta benämnt mesa. Detta ämne används också genom att man bränner det i en mesaugn för att få bränd kalk som kan användas för att bilda natriumhydroxid (NaOH) [6].

2.3 Roboten

Idag levererar den finska robottillverkaren Kuka de robotar som Metso erbjuder sina kunder. Den främst använda modellen är KR210 R2700 Prime, se figur 1, men även andra modeller kan användas beroende på kundens önskemål och behov. KR210 R2700 Prime väger ca 1,1 ton, är vridbar i 6 axlar och har en maximal räckvidd på 2,7 meter [7].



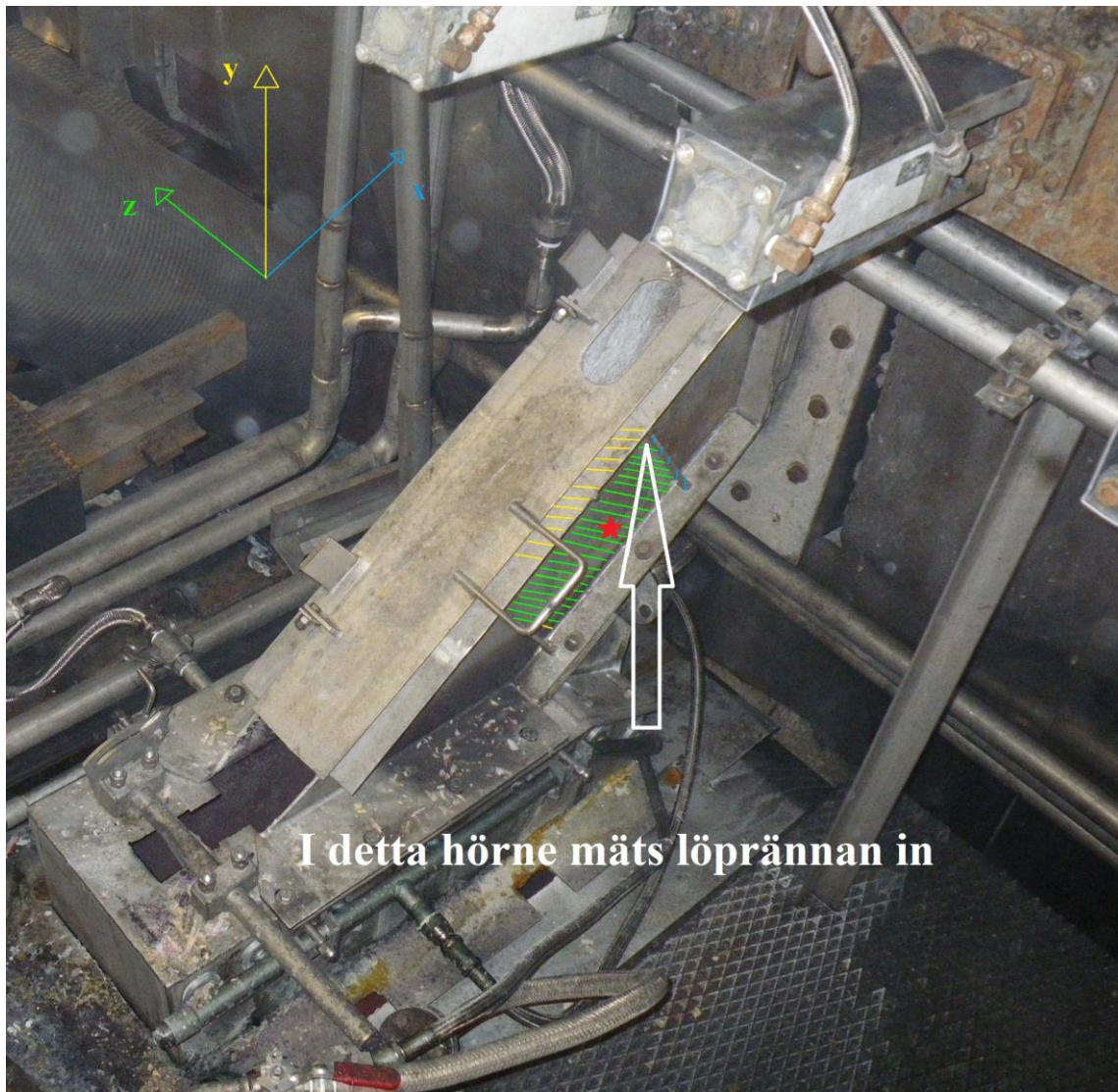
Figur 1 KR210 R2700 Prime

Roboten används för att hålla löprännorna fria från stelnad smälta med hjälp av ett 1,2 meter långt spett, monterat längst ut på robotens arm. Roboten kan monteras både på marken eller hängande från taket. Om flera löprännor ska rensas, vilket ofta är fallet, så kan roboten monteras på en åkbana som transporterar den mellan löprännorna.

2.4 Inmätning

Metoden som roboten använder för att rensa löprännan från stelnade rester av svalnad smälta är att den utför en programmerad spettningssekvens, vilket innebär att spettet förs bestämda vägar till bestämda positioner i en förutbestämd ordning och därmed rensar rännan från slagg. Programmerat i robotens mjukvara finns, förutom spettningssekvensen, algoritmer som kan anpassa de i spettningssekvensen angivna koordinaterna till löprännans aktuella position. I nuvarande lösning orienterar roboten löprännan genom att lokalisera sin position i förhållande till löprännans. Detta gör den genom att med spettet lägga kraft mot förbestämda ytor och på så sätt känna var vissa punkter befinner sig.

Eftersom roboten orienterar sig enligt ett tredimensionellt koordinatsystem så måste varje punkt i detta koordinatsystem beskrivas i tre dimensioner, till exempel sidled, höjddled och djupled eller x-led, y-led och z-led. I bilden nedan är varje dimension beskriven med varsin färg. För att bestämma punkten markerad med vit pil måste roboten trycka spettet emot den grönmarkerade ytan för att bestämma dess läge i z-led, den blåmarkerade ytan för att bestämma dess läge i x-led samt undersidan av den gulmarkerade ytan för att bestämma dess läge i y-led. Med dessa tre ytors läge kan punkten i hörnet beskrivas i ett tredimensionellt koordinatsystem. Utifrån den då kända punkten kan spettningssekvensen utföras. På samma sätt mäter roboten mot en känd yta, så som sitt fäste, för att säkerställa att spettet inte är böjt eller på annat sätt skadat.



Figur 2 Enn löpräanna med färgmarkering för att indikera x-, y- och z-plan

Innan roboten har mätt in löprännen är den ”blind” eftersom löprännen kan ha flyttat på sig sedan robotens senaste inmätning. Så för att säkerställa att roboten inte missar ytan med spettet under inmätningen så utgår den från den senaste inmätningen och positionerar spettet så att risken för att missa ytan minimeras. Först avläses den senaste kända positionen av punkten i hörnet och utifrån den så beräknar roboten läget av den punkt som i bilden är markerad med en röd stjärna och utgår sedan ifrån den punkten och känner sig fram för att finna punkten i hörnet. På detta sätt minimeras risken att roboten ska missa de ytor som krävs för inmätningen eftersom det är högst otroligt att löprännen ska göra en så pass stor förflyttning att punkten markerad med röd stjärna ska hamna utanför ”inmätningområdet”.

2.4.1 Problematiken

Denna typ av metod är bra men lämnar mycket att önskas. Till att börja med är metoden mycket tidskrävande, minst 30 sekunder, i förhållande till tiden som ett visionsystem vanligtvis behöver för att göra en optisk inmätning, ca 0,1 sekunder. Tid är en faktor som är olika viktig beroende på pappersbruket. I vissa pappersbruk finns bara en löpräanna som roboten ska hålla ren medan andra pappersbruk rensar en robot 11 löprännor. Hur ofta en löpräanna behöver rensas beror på förbränningen i sodapannan men eftersom Metsos långsiktiga plan är att utveckla en mångsidig robotlösning som

ska kunna säljas till flera olika typer av pappersbruk är målet att minimera inmätningstiden.

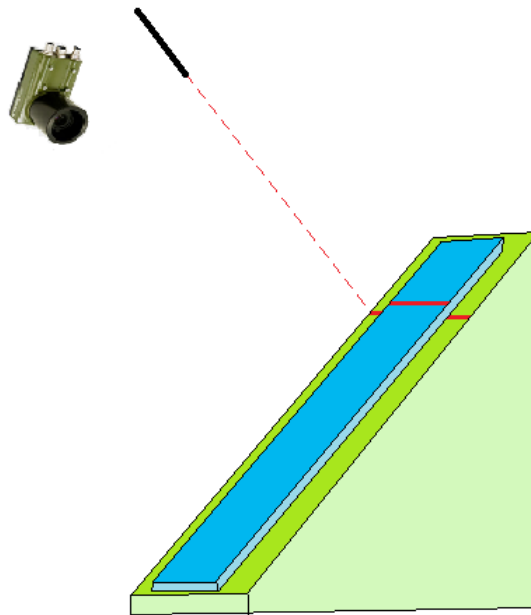
Men det stora problemet är inmätningens precision. I dagsläget mäts en position på löprännan in fysiskt men att mäta in löprännan i enbart en punkt ger ju självklart bara löprännans position. Om roboten får mäta in två punkter skulle de data kunna användas för att beräkna löprännans läge, en tredje punkt hade gett en ännu bättre beskrivning i 3 dimensioner. Men detta skulle förlänga inmätningstiden enormt och det skulle kosta Metso mycket pengar i programmeringstid för att utveckla en ny positioneringsalgoritm.

På löprännan finns en del som benämns huv monterad. Det är i huv som luckan till löprännan är fäst. För att dessa delar ska klara av rörelserna som förekommer finns ett spel på 4-5 mm som löprännan och huv med luckan kan glida i sidled från varandra. Denna skiftning är något som robotens inmätningsskanning inte upptäcker, eftersom roboten mäter mot löprännan och inte huv, och detta kan ibland resultera i att delar av löprännan, oftast luckan, skadas av robotens spett. Dagens inmätningsskanning fungerar oftast bra men det är de få gångerna när den inte fungerar som det resulterar i kostsamma skador för Metso. Detta är ett problem som säkerligen skulle kunna lösas med fler inmätningsskanningar och programmering men det är en kostnad som Metso har valt att lägga på utvecklingen av en optisk inmätningsskanning.

2.5 Visionsystem

Ett visionsystem definieras som ett system som med olika komponenter kan avbilda omgivningen och läsa ut data ur den. Komponenterna är ofta någon typ av optisk sensor och någon typ av beräknande enhet. Vanligtvis används visionsystem i olika typer av automatiserade processer som ska kunna grunda ett beslut på den data som kan utläsas ur bilden. En vanlig applikation är i automatiserad industri där en kamera övervakar ett transportband. Den tar bilder i ett bestämt tidsintervall skickar dem till en dator som processerar bilderna, vanligtvis genom att konvertera dem till gråskala. På så sätt kan objekt på transportbandet med kända konturer detekteras och deras positioner bestämmas. Dessa positioner kan sedan kommuniceras till exempelvis en plockrobot som ska plocka objekten av bandet för exakt placering i förpackning.

Den miljö som Metsos spettningsrobot opererar i är svårare. Det är en miljö som har många fler nyanser än exempelvis ett svart transportband med en typ av objekt på. Dessutom kan denna miljö förändras förhållandevis mycket. Löprännan och området omkring den blir smutsigt av bland annat smältastänk och sedan rengörs området emellanåt genom att man spolar med vattenslang.



Figur 3 Ett laser-visionsystems förenklade princip

En vanlig applikation av visionsystem i svårare miljöer är att kameran som fotograferar sitter monterad tillsammans med en laser. Vinkeln mellan laser och kameran är känd och lasern är utrustad med en lins som återger laserstrålen som en linje. Kameran fotograferar linjen och i bildprocesseringen filtreras alla våglängder förutom laserns våglängd bort. Då återstår enbart en linje ur vilken alla höjdskillnader som linjen belyser syns tydligt i den annars raka linjen, illustrerat i Figur 2. En ytas avstånd från kameran kan beräknas trigonometriskt ur var i kamerans synfält som laserlinjen belyser ytan.

Ett liknande problem som lösts presenterades hos en av leverantörerna under ett besök. Där behövde kunden uppskatta volymen av timmer på lastbilar. I detta fall med en problematisk och föränderlig arbetsmiljö låg lösningen i laserscanning. Detaljerna var industrihemligheter men grundprincipen låg i att med hjälp av flera laserstrålar scanna av timret från de 5 synliga sidorna då det låg på lastbilen. En modell kunde byggas med dessa mätdata ur vilken volymen kunde beräknas med en felmarginal under 1 %

3 Metod

För att veta vilka krav som ska ställas på hårdvaran måste en grundlig undersökning av robotens arbetsmiljö utföras. En viktig faktor som ska bedömas är temperaturen vid olika positioner i robotens närhet. Mätvärdena som görs kan bli avgörande för valet av optisk sensor eftersom den maximala temperaturen som en optisk sensor rekommenderas att arbeta i mycket väl kan ligga under den temperatur som uppmäts i närheten av löprännan. Vidare är belysning en viktig faktor för visionsystemets utförande. Detta är dock något som kan påverkas och det kan tänkas lämpligt att förbättra ljusförhållanden med extra ljuskällor, hellre än att välja bort ett annars lämpligt visionsystem. Plötslig rökutveckling kan tillfälligt förblinda en videokamera så detta eventuella faromoment samt metoder för att avstyra problematik i samband med det ska också undersökas. Ett annat eventuellt faromoment är skvätt eller sprut från den heta smältan. Undersökningen måste innefatta hur ofta denna fara kan tänkas uppkomma och inom vilket område samt hur skada på hårdvara bäst kan undvikas, genom att till exempel placera det på behörigt avstånd eller, på annat sätt, i skydd.

Undersökningen av robotens arbetsmiljö ska även ligga som grund till utvecklingen av en testmiljö som ska byggas upp. Eftersom det är opraktiskt att testa visionsystem på plats vid en förbränningspanna ska en testmiljö utvecklas. Där kan visionsystem som matchar kravspecifikationen genomgå prestandakontroll. Från och med projektets start ska produktkataloger beställas och lämpliga visionsystem granskas. När undersökningen av robotens arbetsmiljö är färdigställd kan en kravspecifikation sammanställas. När alla lämpliga förslag insamlats från visionsystemleverantörer kan de bedömas mot varandra i en beslutsmatris, exempelvis en Pugh-matris, som då kan ligga till grund för valet av visionsystemleverantör. Då ett visionsystem är utvalt ska ett mjukvarusystem skapas i lämplig miljö och språk. Eventuellt väljs ett visionsystem där mjukvara ingår, i vilket fall programmeringen består av inställningar i tillverkarens gränssnitt.

Målet är att finna ett visionsystem som framgångsrikt kan kommunicera med en robot som felfritt ska kunna rensa en löpränna. När detta i största möjliga mån är uppfyllt ska projektet utvärderas. Resultatet ska ställas i proportion till förväntat resultat samt kostnader och tidskonsumtion.

4 Genomförande

Eftersom Metsos pappersmassabruk ligger långt ifrån Göteborg blev ett besök till ett av dem aldrig aktuellt. Det bedömdes som för kostsamt och den informationen som rapporten krävde för analysen av robotens arbetsmiljö fanns hos personalen på Metos kontor i Göteborg. Utifrån det analysen konstaterade om arbetsmiljön drogs slutsatser om hur visionsystemet lämpligast bör arbeta och från dessa slutsatser tillsammans med arbetsmiljön byggdes en kravspecifikation.

4.1 Analys av robotens arbetsmiljö

För att veta vilka krav och önskemål som ska ställas på leverantören och visionsystemet behövdes en kravspecifikation. Kravspecifikationen började byggas utifrån de yttre påfrestningar som arbetsmiljön kan skapa genom en undersökning och analys av robotens arbetsmiljö vid sodapannan. Bilder och filmklipp från flera av Metsos kunders pappersbruk gav en detaljerad bild av den miljö som roboten och löprännorna befinner sig i. Förhållanden ser olika ut beroende på vilket pappersbruk de befinner sig i och framför allt hur förbränningen i sodapannan sker. Förbränningen kan ske i olika

temperaturer och under olika insprutningstakter av svartlut. Många faktorer spelar in på hur smältan rinner ut. I löprännorna på vissa bruk rinner smältan i ett jämnt flöde, medan den i löprännorna på andra bruk flyter ut stötvis i vågor. I det senare fallet kan det ibland bildas rök och även små explosioner kan förekomma. Vid sådana sodapannor ser miljön smutsigare ut.

Prototypen av visionsystemet som är projektmålet ska kunna verka universellt vid alla typer av sodapannor. Därför används de svåraste miljöerna som norm. Det vill säga de smutsiga miljöerna där konstraster är svåra att utläsa och där en våldsammare miljö kan ge upphov till brist på ljus.

Eftersom ljuset går att påverka genom en uppsjö av olika belysningsmetoder valdes det kravet bort från specifikationen. Majoriteten av leverantörer av visionsystem erbjuder allt ifrån högeffektslampor till flera meter långa led-strips, som tillval till sina produkter till ett pris som är försvinnande litet i förhållande till priset av själva visionsystemet.

Visionsystemen som bygger på metoder med IR-ljus eller laserljus är i princip oberoende av ljusförhållandet i arbetsmiljön.



Figur 4 En löpränna

På flera av pappersbruken är miljön smutsig vid sodapannorna. Trots att området rengörs genom att det spolas av regelbundet, i genomsnitt en gång per dygn, så är den smutsiga miljön något som ett visionsystems mjukvara och hårdvara måste kunna hantera.

Ola Herstad som är utbildad kemiingenjör, anställd vid Metso sedan länge upplyste om att rök är något som stoppar de flesta typer av ljus. Även om IR-ljus har en viss förmåga att genomtränga rök så är den rök som smältan kan utvecklas i lösartanken fylld av kemikalier och därför svårare att tränga igenom. Laserstrålar splittras i de flesta typer av rök och ånga och de visionsystem vars bilder bygger på kameror och videokameror vilseleds av rök.

4.2 Slutsatser utifrån arbetsmiljöanalysen

Med anledning av Ola Herstads resonemang kring rökens förmåga att stoppa ljus beslutades att ett visionsystemet skulle vara den primära inmätningssmetoden för löprännan som skulle tillämpas under optimala förhållanden. Den tidigare inmätningssmetoden, där löprännans position i ett koordinatsystem byggde på absolutpunkter bestämda med hjälp av tryck, skulle vara en reservmetod som skulle kunna brukas under rökiga förhållanden. Detta faktum ställde kravet på visionsystem att mjukvaran skulle bli tvungen att kunna identifiera rök och inte bli lurad av röken och ange felaktiga koordinater till roboten.

Det stod tidigt klart att det var av stor vikt att visionsystemet skulle kunna mäta in spettet som roboten arbetade med. I ytterligheten att spettet var deformerat måste visionsystemet upptäcka det och invänta att det blir utbytt innan spettningsprocessen kan fortgå. Om roboten skulle verka mot löprännan med ett exempelvis böjt spett finns det en risk att löprännan skadas.

Av ekonomiska skäl beslutade Metso att vid ett senare skede ta fram ett tättslutande hölje internt. Att utveckla en konstruktion och tillverka den i Metsos egna verkstad skulle kosta mindre än att köpa denna tjänst från en visionleverantör. Höljets syfte skulle vara att skydda hårdvaran från strålningsvärme och stänk från smältan. Höljet skulle utrustas med en sida av glas för den optiska sensorn, denna sida skulle designas så att den lätt skulle kunna bytas ut i fall smälta skulle stänka upp på glaset och därigenom blockera den optiska sensorns synfält. Vidare skulle konstruktionen förses med trycksatt tilluft, något som i regel finns i överflöd vid pappersmassabruk, i syfte att kyla hårdvaran. Med det skyddande höljet kunde kraven om att tåla värmestrålning och stänk strykas men det ställde ett nytt krav på visionsystemet. Dess mjukvara var tvunget att kunna identifiera ifall smälta hade stänkt upp och stelnat på glaset och inte bli vilselett och ge roboten felaktiga positioner. Nedan konstateras att rökiga förhållanden och smältstänk på skyddsglasat lätt kunde särskiljas mellan, förutsatt att visionsystemet kunde identifiera felaktiga mätvärden. Så fort mjukvaran skulle flagga löprännans mätvärden som felaktiga kunde roboten föra den optiska sensorn mot ett tidigare känt referensobjekt, exempelvis bakom roboten och så långt bort från löprännan och eventuell rök som möjligt, och mäta in det som kontroll. Om även detta tidigare kända objekt skulle mätas in med oväntade positioner skulle smältastänk kunna förutsättas. I annat fall skulle, alltså att bara löprännan mättes in med oväntade värden men inte referensobjektet, skulle rökiga förhållanden kunna antas.

Felaktiga eller oväntade mätvärden skulle definierats som positioner bortom dit objekt rimligen kan ha flyttats till. Som exempel kan en rökig arbetsmiljö betraktas. Då skulle visionsystemet kunna tro att löprännan skulle ha flyttat sig exempelvis 40 cm framåt, mot roboten, eftersom det är där som röken kan tänkas bryta visionsystemets synfält. Detta mätvärde skulle då klassas som felaktigt eftersom löprännan omöjligtvis kan ha flyttat sig till denna position. I de fall då rök eller smältastänk ger upphov till mindre mätfel så skulle visionsystemet inte direkt kunna upptäcka det felaktiga mätvärdet. Dock så skulle det upptäckas när robotens givare inte mäter det väntade moment på servomotorerna då robotens spett befinner sig där visionsystemet bedömde att löprännans position skulle befunnit sig, alternativt att moment uppmäts innan spettet når tidigare nämnda position.

4.3 Kravspecifikation

Då arbetsmiljön kartlagts och ”rådande arbetsmiljö” hade definierats kunde en kravspecifikation sammanställas. Utöver de självklara kraven förmlerades även tre önskemål: pris inom budget, lokalt kontor samt syna av rännan och identifiera skador och, eller förändringar

4.3.1 Pris inom budget

Metso hade avsatt en budget till utvecklingen av ett visionsystem till roboten och däri låg klara direktioner vad gällde priset. Dock så klargjordes det senare att det eventuellt skulle vara möjligt att överstiga pristaket om det ansågs nödvändigt, därför sattes punkten ”Pris inom budget” som ett önskemål.

4.3.2 Lokalt kontor

Det sista önskemålet var ”Lokalt kontor” och sattes därför att det ansågs lättare, billigare och säkrare att samarbeta med en leverantör ju närmare geografiskt de befann sig Metsos kontor i Göteborg.

4.3.3 Syna av rännan och identifiera skador/förändringar

Utöver kraven som ställdes fanns även ett önskemål om att visionsystemet skulle kunna identifiera deformationer på löprännan. Med dessa resonemang kunde nu en kravspecifikation skapas.

Krav

- Beräkna löprännans position och läge i rådande arbetsmiljö
- ~~Tåla värmestrålning och stänk från smältan~~
- Kommuniera koordinater
- Kontrollera spett
- Identifiera felaktiga mätvärden

Önskemål

- Pris inom budget
- Lokalt kontor
- Syna av rännan och identifiera skador/förändringar

4.4 FMEA

Failure mode and effect analysis är en metod som används för att identifiera fel och bedöma feleffekter. Metoden ger ett värde på de möjliga felen som kan inträffa som sedan kan användas som underlag för förändringar. De möjliga fel som exempelvis en process eller produkt kan stöta på ska värderas med ett riskprioritetstal (RPT) mellan 1 – 1000 enligt FMEA metoden. RPT baseras på sannolikhet för förekomst (SF), allvarlighet (AL) samt sannolikhet för upptäckt (SU). Variablerna SF, AL och SU ges alla ett värde mellan 1-10 per möjligt fel varefter RPT för respektive möjligt fel räknas ut som faktorn av de tre variablerna multiplicerade med varandra [8]. Därefter görs en bedömning ifall RPT-värdet är för stort och ifall en förändring krävs för att minska RPT-värdet för ett eller flera möjliga fel. Hur stort RPT-värde som bedöms som för stort är en avvägningsfråga. I Metsos fall så bedömdes gränsvärdet till ett maximalt RPT-värde av 15. Detta är ett relativt lågt värde eftersom arbetsmiljön är farlig och skador är mycket kostsamma.

4.4.1 Rökutveckling

Sannolikheten för förekomst av rökutveckling bedöms som låg och därför ges SF värdet 2. Dock beror detta värde från panna till panna beroende på pannans utformning samt hur operatören sköter insprutningen av svartlut i pannan, den mänskliga faktorn.

Allvarligheten ges ett värde 2 eftersom roboten, vid rökutveckling, ska byta positioneringsmetod och istället mäta in löprännan med hjälp av spettet genom att lägga tryck på vissa punkter på löprännan. Det ska nämnas att vid kraftig rökutveckling kan det kända referensobjektet, som omnämnt ovan i 6.2.3, vara dolt av rök. Vid denna ytterlighet kommer programmeringen tala om för roboten av smälta har fastnat på skyddsglasat till visionsystemets skyddshölje. Detta ger dock ingen större negativ

inverkan eftersom en människa sannolikt kommer att infinna sig vid roboten inom en relativt kort tidsram för att byta skyddsglasat och då kan meddela att skyddsglasat är oskatt samt att det just då sker en kraftig rökutveckling i robotens arbetsmiljö.

Sannolikheten för upptäckt ges värdet 1 eftersom det är högst otroligt att rökutveckling inte skulle upptäckas. Inte bara robotens och visionsystemets programmering skulle upptäcka rökutvecklingen utan även anställda som antingen ser röken på övervakningskameror eller i första hand då många jobbar i anslutning till sodapannan.

Riskbedömningstalet blir således 4 vilket är mycket lågt, därför bedöms felförebyggande åtgärder som överflödiga

4.4.2 Smältastänk

Sannolikheten för att lutsmäla skulle skvätta upp ur löprännan och stelna på det skyddsglas till höljet som skyddar visionsystemet bedöms som låg och får värde 3.

Allvarligheten är även den låg och ges därför värde 1. Konstruktionen skulle tillåta en operatör att byta skyddsglasat på mindre än en minut. Allt som allt skulle visionsystemet vara obrukbart i några minuter och under denna tid skulle den tidigare inmätningssmetoden implementeras.

Sannolikheten för upptäckt bedöms som mycket sannolik och ges därför värdet 1.

Riskbedömningstalet blir således 3 vilket även detta är mycket lågt och inte talar för några felförebyggande åtgärder.

4.4.3 Deformerad löpränna

Det är sällan som löprännan deformeras av en explosion så SF för denna felsätt tilldelas värdet 2.

Det är standard på bruk att ha extra löprännor i lager. Detta för att minimera driftstopp tid de gånger en löpränna behöver bytas ut. Allvarligheten bedöms därför på kostnaden att beställa en ny löpränna, alternativt reparera den gamla. AL ges värdet 5.

Sannolikheten för upptäckt är stor och ges därför värdet 1. En explosion av den storleksordningen som deformerar en löpränna kan dels uppmärksammas av anställda i området, övriga övervaknings- och larmsystem vid bruket, robotens styrsystem då den känner momentmotstånd där det inte borde finnas. Skadan skulle upptäckas av det eventuella visionsystemet med förmågan att syna av löprännan.

Riskprioritetstalet blir därmed 10 vilket fortfarande är lågt, om än högre än de tidigare felsättningens riskprioritetstal. Dock så kan ett visionsystem inte sänka detta tal ytterligare. Eventuella åtgärder borde göras på antingen löprännan eller lösartanken för att minimera risken för en explosion, alternativt mildra konsekvenserna av en explosion. Exempelvis genom att säkra tillgången på billigare löprännor eller billigare reparationer av löprännor.

4.4.4 Deformerat spett

Deformation av spettet är ett felsätt som uteslutande uppkommer då robotens inmätning sker utan visionsystem och då denna metod levererar en mätning med otillräcklig

precision. Sannolikheten för förekomst av detta felsätt, då ett fungerande visionsystem som uppfyller kravet att kunna kontrollera spettet är installerat, ges värdet 1.

Allvarlighet ges värdet 5. Även detta värde värderas baserat på kostnaden som en skada av denna typ kan orsaka. En robot med ett deformerat spett kan i värsta fall skada en lucka, huv eller rent av en löpränna.

Sannolikhet för upptäckt ges värdet 1. Detta med samma motivation som gav värdet på SF. En robot, utrustad med ett fungerande visionsystem som uppfyller kravet att kunna kontrollera spettet, kommer med största sannolikhet att upptäcka felet.

Riskprioritetstalet är lågt och kräver inga felförebyggande åtgärder.

Möjligt fel	SF	AL	SU	RPT
Rökutveckling	2	2	1	4
Smältastänk	3	1	1	3
Deformerad löpränna	2	5	1	10
Deformerat spett	1	5	1	5

Figur 5 Sammanställning av RPT-värden

4.5 Sökning av leverantörer

För att hitta så många leverantörer av visionsystem som möjligt användes resultaten som www.google.se gav på sökningarna "visionsystem" och "machine vision". Även tidskriften NASA Tech Breifs användes, där leverantörer av visionsystem fanns bland sponsorernas reklamartiklar. På hemsidan till internet tidsskriften Visionsystems <http://www.vision-system.com/> fanns även där leverantörer av visionsystem bland sponsorernas reklamartiklar.

4.6 Kontakt av leverantörer

För att så effektivt som möjligt kunna kontakta leverantörer av visionsystem användes en mall. Ett slags mail-skelett skapades som lätt kunde skickas ut till flera leverantörer med enbart små förändringar i texten. Se bilaga 1. Även en engelsk översättning av mallen användes för att kunna kontakta utländska leverantörer utan svenska kontor, se bilaga 2. I dessa texter nämndes bland annat arbetstemperaturen och den smutsiga arbetsmiljön. Standardmailet byggdes utifrån kravspecifikationen och tog upp de flesta av dess punkter.

4.7 Kontaktade företag

De företag som sändes ett standardmail var: Swedvision, Mabema, Softdesign, Consat, Division, Divisoft, Inventech, Cognex, Panasonic, Allied och Isra. Efter denna initiala kontakt svarade Swedvision, Mabema, Softdesign, Consat, Division, Divisoft, Inventech och Cognex. De större och mer välkända fabrikörerna Panasonic, Allied och Isra kunde inte erbjuda någon direkt kontakt med deras anställda utan kontakten gick igenom ett kontaktformulär på deras hemsida där Metsos problem och önskemål framfördes. Dock återkom ingen av dessa företag. Samtliga företag som svarade ville få arbetsmiljön beskriven närmare. För att åskådliggöra denna hämtades bilder och filmer från olika pappersmassafabriker där en spettningsrobot används. För att ge en klarare bild av området som visionsystemet skulle avsyna skapades en bild med mått som kunde skickas över mail. För att undvika sekretessbrott var samtliga bilder och filmer som skulle skickas tvungna att kontrolleras och godkännas av ansvarig chef på Metso innan de kunde skickas.



Figur 6 En löpränna med mått och förklarande text

Division och Divisoft förmedlade på ett tidigt stadie, efter att den problematiska arbetsmiljön hade beskrivits närmare med bland annat bilder och filmer, att de inte hade ett lämpligt visionsystem och inte hade resurserna för att kunna utveckla ett nytt. Inventech vidarebefordrade Metsos ärende till sin leverantör Omron i brist på egna resurser. Cognex vidarebefordrade ärendet till Elektroautomatik men knappast på grund av bristande resurser. Cognex är en av världens största leverantörer av optisk utrustning och har knappast resurser för att leverera enstaka visionsystem.

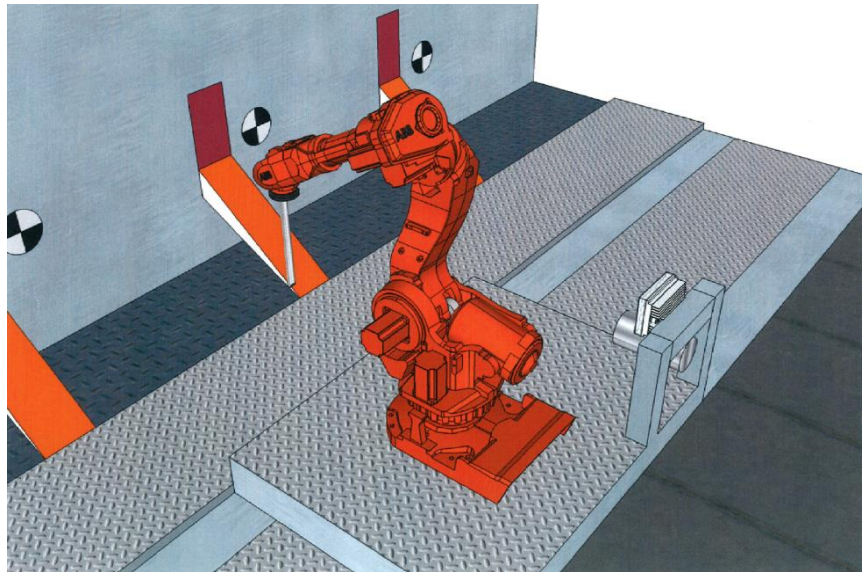
4.8 Lösningar från kontaktade företag.

Kontakten fortgick med Swedvision, Mabema, Softdesign, Consat, Omron och Elektroautomatik. Efter att de hade bildat sig en klar bild av hur det efterfrågade visionsystemets arbetsmiljö såg ut och vad Metso väntade sig av visionsystemet i form av precision, tålighet och arbetsuppgifter diskuterade de internt och återkom med de lösningar de ansåg bäst lämpade.

4.8.1 Lösningsförslag från Softdesign

Under möte med en representant från Softdesign på Metsos kontor i Göteborg presenterades deras lösning som byggde på en teknik med IR-ljus och måltavlor uppsatta på

löprännan samt på pannväggen som den var fäst i. Principen var att en IR-känslig kamera skulle avbilda måltavlorna när de var belysta av en IR-lampa. IR-ljus skulle användas eftersom det lättare kan passera vissa



Figur 7 Softdesigns lösning, IR-lampa och IR-kamera monterade längst till höger

typer av rök.

Målen bestod av

en vit cirkel med en svartkors över centrum av cirkeln. När ljuset från IR-lampan reflekterades på den vita delen av målen mot den IR-känsliga kameran kunde mycket små variationer av målens utseende mätas. Dessa mätdata kunde sedan beräknas om till sodapannans relativa vinkling, pannväggens buktning och löprännans läge relativt pannväggen och roboten med mera. Denna lösning gav en god precision på löprännans position och läge men kunde inte avsyna den för att se om den hade ådragit sig någon skada, det vill säga om skadan inte hade påverkat någon av måltavlorna och gjort den oigenkännlig för mjukvaran eller flyttat den på ett oväntat sätt.

Eftersom Softdesigns förslag inte uppfyllde kravet att kunna kontrollera spettet ombads de lägga fram ett nytt förslag. Efter en intern överläggning återkom de med en kompletterande lösning som även kunde identifiera skador med en monterad laser. Den skulle belysa tvärgående laserlinjer över löprännan och låta kameran avläsa löprännans kanter och profiler och på så sätt detektera deformationer på ytan. Dessa laserlinjer skulle även kunna belysa spettet i syfte att kontrollera att det inte var böjt eller avbrutet. Det skulle även finnas möjlighet att utläsa löprännans position och läge med denna metod och sedan jämföra den informationen med den som erhöles med IR-metoden.

Tekniken var relativt dyr och utvecklingskostnaden som Softdesign offererade var väldigt hög. Hårdvaran samt deras mjukvara beräknades kosta 250 000 kr, där licensen kostade 50 000 kr/år. Softdesign bedömde att de skulle behöva ta 1 300 000 kr betalt för att utveckla mjukvaran och installera visionsystemet på en robot, det vill säga en väldigt stor kostnad för arbetstimarna. I och med Softdesigns kompletterande lösning uppfylldes samtliga krav i kravspecifikationen men uppfyllde de inte längre önskemålet om pris inom budget. Eftersom priset var så pass långt över budget bedömdes det som ett stort minus.

4.8.2 Lösningsförslag från Mabema

Vid besök hos Mabema i Linköping demonstrerades hur deras produkt Tracker fungerar. Trackern är en kamera och en laser inbyggda i en och samma konstruktion och bygger på samma princip som den lösning som Softdesign föreslog där lasern är monterad i en känd vinkel mot kameran. På så sätt skapas en höjdprofil, då laserlinjen belyser en yta, som mjukvaran i en separat PC kan beräkna. För mer information se bilaga 3.

I deras labb byggdes en skalenlig modell av en löpränna upp och en industrirobot av fabrikatet ABB, som i väsentliga avseenden liknade de Kuka robotar Metso säljer, utrustades med en Tracker längst ut på robotarmen. Roboten kunde sedan med hög precision hitta utvalda kanter på modellen av en löpränna med hjälp av en PC som beräknande enhet.



Figur 8 Mabemas lösning, Tracker

Samma hårdvara har möjlighet att scanna rännan för att detektera skador. Då skulle samma laser lysa flera tvärgående linjer som kameran skulle titta på och med mjukvara kan samma PC skapa en 3D-modell som sedan jämförs med en tidigare inprogrammerad modell av en intakt löpränna. Upplösningen på modellen är helt beroende av hur många linjer lasern programmeras att belysa och därmed hur mycket tid inläsningen tillåts ta. Trackern kunde läsa och processera cirka 10 linjer per sekund.

Trackern var en redan utvecklad produkt som såldes som paket med en PC och mjukvaran till ett relativt lågt pris, 150 000 kr. Den mjukvara som skulle kunna bygga en 3D-modell av en löpränna och identifiera ytförändringar skulle behöva utvecklas. Eftersom Trackern skulle behöva vara monterad långt ut på robotens arm, alltså nära den heta smältan, föreslog Mabema att utrusta roboten med ett pneumatiskt fäste så att den skulle kunna plocka upp Trackern för att syna av löprännan och sätta tillbaka den i en ställning under spettningsprocessen. Mabema kunde inte ge någon närmare prisbild av utvecklingskostnaderna för vare sig 3D-mjukvaran eller tryckluftsfästet mer än att de skulle kosta 1000 kr per ingenjörstimma. Mabemas lösning var alltså redan utvecklad och uppfyllde samtliga krav och önskemål på kravspecifikationen.

4.8.3 Lösningsförslag från Consat

Consat har kontor i Partille där de bjöd in till möte. Syftet med mötet var att ge Consats tekniker en klarare bild av arbetsmiljön och problematiken som ett visionsystem skulle behöva handskas med i spettningsrobotens arbetsmiljö. Consat hade inget färdigt förslag på visionsystem utan istället diskuterades möjliga metoder. Även Consat rekommenderade ett visionsystem med en kamera och en laser som ökar synligheten av kanter och profiler för kameran. De föreslog utöver detta en lösning med en kamera som tittade på markörer, fästa på löprännan. Dessa markörer skulle vara vita med en

godtycklig form, exempelvis avlånga som kunde sitta längs med luckan, en på varje sida. Det största problemet med en sådan metod är att smälta lätt kan skvätta upp under spettningsprocessen och göra markören oigenkännlig för kameran.

Ännu en lösning Consat föreslog var en laser där belysningen splittrades i ett ruttmönster som belyste löprännan, ett så kallat punktmoln. En kamera skulle då kunna beräkna positionerna i alla punkter där två laserlinjer möttes och med hjälp av dem bilda en 3D-modell. Denna metod skulle både kunna bestämma löprännans position och läge, samt identifiera skador på löprännan. Dock var detta en dyr metod som snabbt steg i pris ju högre upplösning som önskades eftersom det skulle kräva att lasern skulle splittras i fler linjer och skulle också således kräva en högre styrka på lasern.

Mötet med Consat var intressant och lärorikt med det talades inte om någon konkret lösning till Metsos problem och Consat klargjorde även att de inte heller var beredda att göra så utan ersättning. Detta gjorde att Consat fortsättningsvis under projektet betraktades som ett mindre seriöst alternativ

4.8.4 Lösningförslag från Swedvision

Under mötet i Floda på Swedvisions kontor diskuterades arbetsmiljön och dess ytterligheter ytterligare och Swedvision visade filmklipp på visionlösningar från tidigare kunders fabriker. Deras representant föreslog även han, efter att ha tittat närmare på Metsos behov, ett visionsystem med en kamera och en laser. Kameran och lasern skulle monteras med en inbördes vinkel mellan 10 och 15 grader för att kunna avsyna hela löprännan på lämpligt avstånd, cirka en meter. Ett djupare perspektiv var möjligt genom att vinkeln mellan lasern och kameran ökades, dock var kostnaden en sämre upplösning.

Swedvision rekommenderade en så kallad smart kamera av märket Cognex. I den är även den bildprocesserande enheten monterad i kamerahuset. Priset på en smart kamera i den klassen som Swedvision bedömde att Metso behövde låg omkring 50 000 kr, priset på smart kameror varierar från 40 000 kr till 100 000 kr. Även mer traditionella industrikameror kunde användas i denna applikation. De var betydligt billigare, från 2 500 kr upp till 50 000 kr, dock skulle då även kostnaden av en PC tillkomma.

Swedvision bedömde kostnaden av den laser som krävdes till cirka 10 000 kr. Sin egen utvecklingskostnad för att färdigställa produkten uppskattade Swedvision till cirka 150 000 kr. Under mötet visade sig Swedvisions föreslagna visionsystem uppfylla kravspecifikationens krav och önskemål till ett lågt pris

4.8.5 Lösningförslag från Omron

Efter en kortare mailkontakt föreslog Omron, efter att ha bildat sig en klarare uppfattning om robotens arbetsmiljö, en av sina kameror, FQ-M Vision Sensor. Det var en intelligent kamera med mjukvara framtagen för att identifiera kroppar och former och kommunicera koordinater till en robot. Främsta användningsområdet för FQ-M var till plockrobotar där en robot med gripklo skulle plocka osorterade detaljer ur en låda. Se bilaga 4. Det var en lösning som inte såg ut att alls vara anpassad till Metsos behov och arbetsmiljö. Detta tillsammans med faktumet att ingen annan leverantör av visionsystem hade föreslagit en liknande lösning ledde till att Omrons förslag lades åt sidan.

4.8.6 Lösningsförslag från Elektroautomatik

Elektroautomatik återtog kontakten ett par veckor efter att Metso redan hade fattat beslutet om vilken leverantör av visionsystem som var lämpligast att gå vidare med.

4.9 Val avleverantör

Cirka 10 veckor efter att de första kontakterna hade initierats, bedömdes de företagen som hade tagit fram konkurrenskraftiga lösningar. Endast de företag som hade tagit fram lösningar som bedömdes uppfylla kraven i kravspecifikationen togs med vidare i urvalsprocessen och därefter jämfördes de efter hur väl de uppfyllde önskemålen i kravspecifikationen. De bedömdes på sina priser de hade uppskattat sin produkt att kosta, var deras närmaste kontor var placerat rent geografiskt.

Krav	Mabema	Softdesign	Swedvision
Beräkna löprännans position och läge i rådande arbetsmiljö	1	1	1
Kommunicera koordinater	1	1	1
Kontrollera spett	1	1	1
Identifiera rök	1	1	1
Identifiera smuts på skyddsglas	1	1	1
Önskemål			
Syna av rännan och identifiera skador/förändringar	1	1	1
Pris inom budget	1	0	1
Lokalt kontor	0	1	1
Summa	7	7	8

Figur 6 De mest konkurrenskraftiga förslagen i en urvalsmatris

Beslutet stod i till slut mellan Mabema och Swedvision. Mabema, med en produkt, Tracker, som redan var utvecklad och verkade kunna prestera i robotens svåra miljö. Swedvision, som hade visat stort intresse och hade lagt både tid och eftertanke i lösningen de erbjöd Metso.

Efter att ha studerat rapporten valde Metsos ansvariga chefer för utvecklingsprojektet att Swedvision skulle bli leverantör av visionsystemet till spettningsroboten. Swedvision skulle utveckla och sälja en prototyp som skulle installeras på en robot vid ett bruk. De faktorerna som talade för Swedvision var deras pris, både materialet och supporten, samt deras geografiska närhet. Dessa faktorer vägde tyngre än de som talade emot dem, vilket var att deras produkt inte var färdigutvecklad och därmed krävde en utvecklingskostnad på 150 000 kr, jämfört med exempelvis Mabemas Tracker som redan var färdigutvecklad och därmed inte krävde någon utvecklingskostnad. Samtidigt var detta till deras fördel eftersom det innebar att produkten då kunde skräddarsys efter den svåra miljön som Metsos spettningsrobotar arbetar i.

Eftersom Metso inte har någon tidigare kunskap om visionsystem är en produkt som är utvecklad för efter Metsos behov att föredra. Även om Tracker hade alla förutsättningar att kunna prestera så skulle Swedvisions lösning kännas mer pålitlig eftersom dess utveckling skulle byggas på en studie av robotens arbetsmiljö.

4.10 Vidare kontakt med Swedvision

Vid ännu ett möte med Swedvision diskuterades fortsättningen av utvecklingsprojektet mellan representanter av Metso och Swedvision. Swedvision ombads undersöka möjligheten att mäta in ett slags mått på hur skadad en huv kan vara efter en explosion genom att bedöma hur böjda, de vanligtvis raka, kanterna under luckan är. Metso uttryckte också en önskan om att visionsystemet även skulle mäta in en öppning i golvet framför löprännan som blickar ner i lösartanken. Roboten behöver ibland spetta i lösartanken då smälta kan fastna och stelna även där. För detta behövdes det naturligtvis flera inmätningar vilket, enligt Swedvision, inte skulle vara några problem då systemet bedömdes vara så snabbt att det enda som begränsade inmätningstiden var robotens rörelsehastighet. Metso önskade även att kameran skulle kunna slå av laserljusfiltreringen för att återge en bild i färg ämnad för servicepersonal. För att detta skulle vara möjligt trodde Swedvision att extra ljuskällor skulle behöva monteras i anslutning till kameran.

Ett problem som diskuterades var hur kablage skulle dras till kameran och lasern. Eftersom dessa komponenter lämpligast placeras på roboten yttersta axel som kan rotera flera varv måste kablage dras så att de inte slits sönder vid den yttersta axelns rotation, men samtidigt inte hänger så att de riskerar att fastna och istället slits sönder på det sättet. Den känsligaste komponenten i sammanhanget skulle vara den eventuella tryckluft slang som skulle kyla kamerahuset. Problemet verkade kunna lösas genom att denna yttersta axel aldrig behöver rotera med än 180 grader från ursprungsläget.

Tills nästa möte skulle Swedvision närmare bestämma prisuppgifter på material som de bedömer lämpligt till applikationen samt uppskatta den tid som de kommer att behöva fakturera Metso för. De skulle även förbereda en lösning som kan testas i en uppbyggd laboratoriemiljö. Metso skulle förbereda inför kommande tester genom att undersöka var i Göteborgsområdet en Kuka-robot kan hyras samt samla in ett antal förbrukade löprännor och huvar. Dels för att testa Swedvisions system i korrekt skala, dels för att titta närmare på de ytterligheter som ett visionsystem skulle behöva upptäcka eftersom det skulle vara löprännor som har skrotats på grund av de skador som de har ådragit sig under drift.

Det diskuterades även kring ett framtida besök på ett befintligt bruk. Dock var det närmsta bruket med en robot installerad i Mörrum, i södra Sverige, cirka 300 kilometer från Göteborg. Eftersom en resa dit med personal från Swedvision skulle vara tidskrävande och dyr beslutades det att ett besök skulle ske efter utförliga tester i uppbyggda laboratoriemiljöer och då visionsystemet ansågs vara färdigt att installeras skarpt. Swedvision noterade att inför denna installation var det av stor vikt att flera typer av lasergivare, det vill säga flera typer av laserfrekvenser, fanns tillgängliga. I fallet att den heta smältan skulle lysa med samma våglängd som en laserstråle så skulle kamerans våglängdsfiltrering bli oanvändbar.

5 Resultat

Detta arbete har mynnat ut i att den lämpligaste leverantören av visionsystem till en industrirobot av den typ som Metso säljer som ett tillval till sina sodapannor är Swedvision. Deras lösningsförslag var prisvärt och flexibelt, de var mycket samarbetsvilliga och kunniga med många års erfarenhet av bildbehandlingsbranchen. De hade även tidigare erfarenhet av applikationer av visionsystem o svåra miljöer, inte helt olika Metsos spettningsrobots arbetsmiljö vid löprännen i anslutning till sodapannan.

6 Diskussion

Efter att projektmålet var uppfyllt och Swedvision bedömdes vara den lämpligaste leverantören av visionsystem för Metsos ändamål lades visionprojektet på is. Ansvarig produktchef för spettningsroboten på Metso hänvisade till att det fanns för många oavslutade utvecklingsprojekt i anslutning till denna produkt. Spettningsroboten är en av Metsos yngre produkter och det finns mycket förbättrings- och effektiviseringsarbete kvar att uträtta innan roboten kan säljas på större skala. Idag finns spettningsroboten ännu bara installerad på ett fåtal pappersmassafabriker runt om i världen men den potentiella målgruppen som en, för ändamålet väl utvecklad robot skulle kunna säljas till bedöms av Metso som mycket stor.

Sett i efterhand borde en studie som denna utförts vid en annan tid på året. Arbetet i denna rapport utfördes till största del under sommaren. Det är då semestertider och det kan dröja länge innan vissa svar som krävs erhålls. Det gäller såväl internt inom Metsos som extern med andra företag så som potentiella leverantörer av visionsystem.

7 Referenser

1. Gullichsen&Fogelholm, Chemical Pulping, FapetOy 2000, ISBN 952-5216-06-3, s. B135
2. Gullichsen&Fogelholm, Chemical Pulping, FapetOy 2000, ISBN 952-5216-06-3, s. A14
3. Gullichsen&Fogelholm, Chemical Pulping, FapetOy 2000, ISBN 952-5216-06-3, s. A573
4. Gullichsen&Fogelholm, Chemical Pulping, FapetOy 2000, ISBN 952-5216-06-3, s. B8
5. Gullichsen&Fogelholm, Chemical Pulping, FapetOy 2000, ISBN 952-5216-06-3, s. B9
6. Gullichsen&Fogelholm, Chemical Pulping, FapetOy 2000, ISBN 952-5216-06-3, s. B10
7. www.kuka-robotics.com/sweden/se/products/industrial_robots/high/kr210_r2700_prime (Acc 2012-06-15)
8. Hermansson Jonas, Sandberg Lars, Osbeck Morgan, FMEA
9. www.metso.com/corporation/about_eng.nsf/WebWID/WTB-090520-2256F-06886?OpenDocument (Acc 2013-02-01)

8 Bilagor

Bilaga 1 – Mail-skelett

God dag!

Mitt namn är Sebastian Tolagen och jag arbetar på ett projekt för företaget Metso.

Metso tillverkar bland annat sodapannor som säljs till pappersbruk. I dessa sodapannor är temperaturen mycket hög. Smältan, som bildas då svartlut förbränns, rinner ut ur förbränningsspannan genom löprännor. Den har då en temperatur närmare 900°C. För att dessa löprännor inte ska blockeras av stelnad smälta måste de rensas med ett järnspekt med jämna mellanrum, minst 2 gånger per timma. Den robot som har denna så kallade spettningen som huvuduppgift ska utrustas med ett vision system.

Arbetsmiljön som roboten verkar i är ganska så smutsig och temperaturen är ca 40°C.

Vi söker ett system som kan bestämma löprännans position och läge och kommunicera detta till roboten. Roboten ska då kunna utföra den förprogrammerade spettningsprocessen relativt den info visionsystemet.

Alternativt söker vi ett system som även kan syna av hela löprännan och identifiera ytförändringar så som skador, samt positionera löprännan.

Har ni ett system som kan vara lämplig att utrusta vår robot med?

Rekommenderar ni en speciell typ av optisk sensorn eller rent av en specifik modell som er mjukvara kommunicerar väl med och kanske har parats ihop med tidigare vid liknande omständigheter?

Var god återkom så fort som möjligt med svar och åsikter om hur roboten på bästa sätt kan guidas.

Tack på förhand!

Bilaga 2 - Mail-skelett - Engelska

Good day!

My name is Sebastian Tolagen and I'm currently working on a project for the company Metso.

Metso manufactures recovery boilers sold to paper mills. In these recovery boilers, the temperature is very high. The smelt, formed when the black liquor combusts, flows from the furnace through smelt spouts. It then has a temperature close to 900 ° C. In order to keep these smelt spouts from being blocked up by solidified smelt they must be cleared with an iron rod at regular intervals, at least twice an hour. The robot that has this as main task needs to be equipped with a vision system.

The environment in which the robot operates is quite filthy and the temperature is around 40° C.

We are looking for a system that calculate the position and the inclination of the smelt spout and communicate this information to the robot. The robot is then to clear the smelt spout with help of a, in advance programmed, coordinate sequence relative to the smelt spouts known location.

Alternatively we seek a vision system that can scan the entire smelt spout and identify surface deformations as alterations and position the smelt spout.

Do you have a system that may be appropriate to equip our robot?

Can you recommend a specific type of optical sensor or even a specific model that your software works well with and maybe even has been paired with before during similar circumstances?

Please return as soon as possible with answers and opinions on how the robot can best be guided.

Sincereregards

Sebastian Tolagen

Bilaga 3 - Tracker produktblad