

Objektgjenkjenning og sortering med robotarm

Kenneth R. Eikrehagen · Lars-Erik Ulvund,
Alexsander Kristensen · Erik Johansson

Institutt for maskin, elektronikk og kjemi

OsloMet – storbyuniversitetet

Oslo, Norge

s331475@oslomet.no · s331432@oslomet.no

s331477@oslomet.no · s330317@oslomet.no

7. desember 2020

Sammendrag—Denne prosjektoppgaven inneholder nesten to prosjekter da roboten som ble brukt til første prosjektet ble ødelagt etter to uker. Gruppen ble godt kjent med NAO sitt brukergrensesnitt gjennom dens egne programmeringsverktøy *Choregraphe* og Aldebran sitt naoqi-bibliotek i Python 2.7. NAO roboten ble programmert til å finne og gå mot en rød ball før den ble ødelagt.

I det endelige prosjektet er det brukt en industriell robotarm fra ABB og objektgjenkjenning. Det ble utarbeidet en løsning som sorterer geometriske figurer etter fasong. For å få til dette er det benyttet Python programmering med bruk av *OpenCV* som henter video fra et kamera som er festet i taket over robotarmen. Socket programming er brukt som kommunikasjonsledd mellom Python og RobotStudio til å sende informasjon om figurtype og dens posisjon. Dette gjorde det mulig for robotarmen å plukke opp den riktige figuren og sortere den til korrekt endestasjon.

I. INTRODUKSJON

Dette prosjektet har blitt inspirert av hvordan kunstig intelligens (KI), tingenes internett (IoT) og skytjenester har påvirket robotteknikk, samt hvordan dette kan fortsette å påvirke denne industrien. På leting etter et prosjekt som kunne passe til dette stakk NAO roboten som hører til i laboratoriet for Automatisering, Robotikk og Intelligente Systemer (ARIS-lab) seg frem som et godt utgangspunkt. NAO er konstruert for å skape forståelse om hvordan KI kan brukes i sammenheng med robotteknikk der internett blir brukt som kommunikasjonskanal. To uker inn i prosjektet ble NAO-roboten ødelagt og prosjektplanen måtte endres.

Kjerneideen fra ovennevnte prosjekt ble tatt med videre inn i nytt prosjekt. Dette ved bruk av kombinasjonen KI og robotteknikk med kommunikasjon gjennom et Internett Protokoll nettverk (IP-nettverk). Det ble vurdert at en god måte å implementere dette var ved å kombinere et kamera, socket programmering over Transmission Control Protocol (TCP) og en industriell robotarm fra ABB.

A. NAO prosjekt

I dette prosjektet skulle NAO roboten undersøke synsfeltet sitt etter en ball. Deretter gå bort til ballen for så å plukke den opp og kaste den. Det var også ønskelig at NAO roboten skulle respondere på stemmekommando.

Prosjektets tre utfordringer:

- 1) Detektere en ball deretter gå bort til den
- 2) Plukke opp ballen og kaste den
- 3) Reagere på stemmekommando

Dessverre ble roboten ødelagt to uker inn i prosjektperioden. På dette tidspunktet var første utfordring unnagjort, og en løsning til neste steg var under utarbeidelse. Mye tid gikk med for å finne kilder til hvordan å kunne programmere roboten med Python 2.7 og brukergrensesnittet til Python-NAO-biblioteket (naoqi). Biblioteket naoqi hadde mange gode funksjoner som kunne brukes i prosjektet, med større fokus på robotteknikk enn KI algoritmer. Koden som ble produsert under dette prosjektet finner man i Tillegg seksjon A.

B. ABB prosjekt

ABB-robotarmen på ARIS-lab ble utrustet med et sugekopp-verktøy, og det er montert et kamera rett over robotarmen. Problemstillingen å bruke objektgjenkjenning sammen med robotarmen til å sortere forskjellige geometriske figurer ble raskt unnfanget. De viktigste utfordringene identifisert med dette prosjektet var:

- 1) Finne en måte å bruke dataen fra kameraet i taket
- 2) Detektere og finne forskjellige geometriske figurer
- 3) Få robotarmen til å bevege seg til riktig figur

Videre undersøkelser viste at den beste løsningen var å bruke Python 3.8 (heretter referert til som Python) sammen med OpenCV-biblioteket til å anvende kameraet i taket for objektgjenkjenning. Programvaremessig er Python og RobotStudio brukt for å bevege robotarm ved bruk av socket programmering som kommunikasjonsledd. De geometriske figurene som ble brukt for å teste algoritmen var trekant, firkant, sekskant og sirkel.

II. TEORI

A. NAO robot

Aldebaran Robotics har laget en liten *humanoid robot* kalt NAO som er designet for å samhandle med mennesker. Denne kan gå, danse og snakke. I tillegg kan den gjenkjenne ansikt, stemmer og objekter. Denne roboten har nå kommet til sjette

generasjon og blir brukt i undervisning, forskning og helsevesen [1]. Den har 25 grader av frihet, syv berøringssensorer, fire retningsbestemte mikrofoner og høyttalere, stemmegjenkjenning, to 2D kameraer og en åpen og fullt programmerbar plattform [2].

B. Objektgjenkjenning

Objektgjenkjenning er en datateknologi som benytter data-syn og bildebehandling for å oppdage objekter av en bestemt klasse, f.eks. mennesker, biler eller sykler i digitale bilder og videoer. For å gjenkjenne objekter benyttes det maskinlæring.

1) *Maskinlæring*: Prosessen med å bruke matematiske data-modeller til å hjelpe en datamaskin med å lære uten direkte instruksjon kalles maskinlæring (ML) [3]. Dette kan være en enklere tilnærming som baserer seg på forhåndsdefinerte egenskaper eller kjennetegn som sier noe om hva det letes etter og hvordan det skal finnes, hvor dataen etterpå blir klassifisert ved å bruke f.eks. Support Vector Machine (SVM).

C. OpenCV

Et programvarebibliotek som ofte blir brukt for konstruksjon av kildekode for maskinlæring og datamaskinsyn er OpenCV. Biblioteket er utviklet for å tilby en felles infrastruktur for datasynapplikasjoner og for å akselerere bruken av maskinoppfattelse i kommersielle produkter. OpenCV sitt grensesnitt inkluderer C++, Python, Java og MATLAB og inneholder over 2500 algoritmer innenfor maskinlæring og datasyn [4].

D. ABB-robotarm

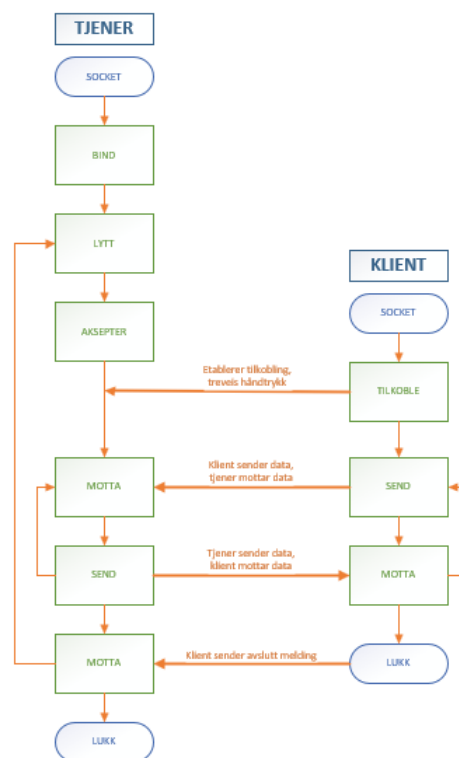
ABB-robotarm IRB 140 er en relativ liten, men kraftig robotarm som jobber med seks akser. Robotarmen har en rekkevidde på 810mm til akse fem og en løftekapasitet på maks seks kg. Det finnes nesten ingen begrensninger for hvor mange forskjellige verktøy som kan monteres på enden av robotarmen, deriblant en sugekopp. Basen til robotarmen kan monteres enten til bakken/underlaget, i taket eller til veggen, noe som gjør robotarmen veldig allsidig [5].

1) *Robotstudio*: Robotarmen styres av programmer som er laget i ABB sitt program RobotStudio. Programmet overføres til en såkalt FlexPendant, som er koblet til og styrer robotarmen. RobotStudio har en innebygget funksjon som gjør det mulig å simulere ønsket program før det testes på den fysiske roboten.

I RobotStudio er det mulig å modellere gjenstander, figurer og workobjects. En løsning som gjør at simuleringer i programmet enkelt kan gjenspeile virkeligheten. Selve programmet skrives i RAPID, et programmeringsspråk utviklet for ABB sine industrielle roboter. Programmet bygges opp av flere moduler for å oppnå god struktur. RAPID har en rekke interne biblioteker og funksjoner som gjør prosessen med å konstruere forskjellige programmer relativt enkel [6] [7].

E. Socket programmering

Socket kommunikasjon brukes for å få to noder i et nettverk til å kommunisere med hverandre ved hjelp av meldinger eller pakker. Det kan være et logisk og internt nettverk i en datamaskin. Alternativt et som er fysisk tilkoblet et åpent ytre



Figur 1. Flytskjema som viser hvordan socket programmering med TCP fungerer

nettverk. Det er mulig å sende og motta slike meldinger nesten hvor som helst så lenge man har en internettforbindelse [8].

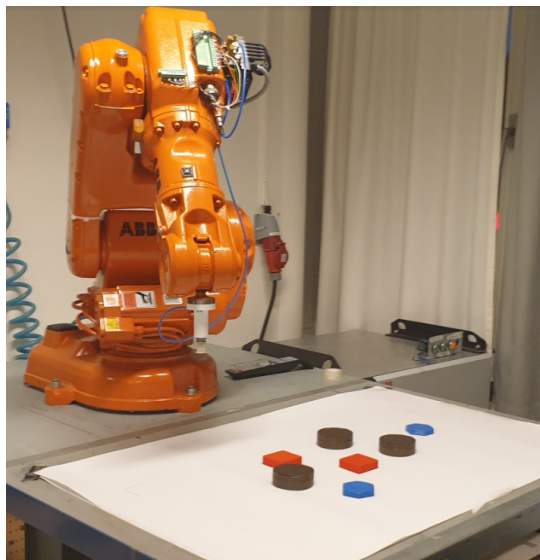
Nodene defineres som tjener og klient hvor den ene noden (tjeneren) lytter på en bestemt port mens den andre (klienten) søkes ut for å etablere en tilkobling.

Kommunikasjonsprotokollen som normalt brukes er TCP, hvor man har god kontroll på at meldingene mottas i den formen de ble sendt. Mottakeren kan bekrefte meldingen og pakker som ikke når frem overføres på nytt av avsender, dette blir godt illustrert på figur 1.

1) *Transport Control Protocol (TCP)*: Både tjener og klient etablerer socket. Tjeneren binder socketen til spesifisert adresse og port, og lytter passivt etter klientens forsøk på tilkobling. Når tjeneren aksepterer en innkommende forespørsel om tilkobling gjøres et treveis håndtrykk for å bekrefte at kommunikasjonen er etablert. Meldinger kan så sendes fritt mellom nodene. Klientens socket lukkes ofte etter utført operasjon, slik at tjeneren kan gå tilbake til passiv lyttemodus, men dette avhenger litt av hensikt og applikasjon.

III. METODE

I denne prosjektoppgaven er objektgjenkjenning sammen med ABB-robotarmen brukt til å sortere forskjellige geometriske figurer som vist på figur 2 på neste side. OpenCV og Python-programmering er benyttet for gjennomføring av objektgjenkjenning. ABB-robotarm med sugekopp-verktøy er



Figur 2. Robotarmen som ble brukt sammen med figurene den skulle sortere

anvendt for den fysiske sorteringen av figurene. Hvordan robotarmen skulle oppføre seg ble programmert gjennom RAPID i RobotStudio. For å etablere kommunikasjon mellom Python og RobotStudio over internett måtte det benyttes socket programmering.

Algoritmen som ble konstruert ble testet med at robotarmen skulle sortere fire forskjellige geometriske figurer. Figurene som skulle sorteres var trekant, firkant, sirkel og sekskant. For enkelheten sin skyld ble benevnelsen forkortet til respektive TRI, SQR, CRC og HEX for videre kommunikasjon med robotarmen.

For utstyrsliste se tillegg seksjon B tabell I og II.

A. ABB-robotarm

Til å sortere de ulike geometriske figurene er det benyttet en ABB-robotarm. Programmet som kjøres på FlexPendant er skrevet i RAPID.

Robotarmen ble utstyrt med et sugekopp-verktøy som flyttet de forskjellige figurene fra synsfeltet til kameraet og over til en predefinert endestasjon.

For å verifisere arbeidsområdet til robotarmen ble det plassert et hvit ark på bordet foran robotarmen. Kameraet i taket ble skrudd på og prosjektert på en pc-skjerm.

En firkantet figur ble plassert i hvert av hjørnene i henhold til hva kameraet kunne detektere og hjørnene ble markert på det hvite arket.

B. Objektgjenkjenning

OpenCV ble brukt sammen med Python for å kunne fange og prosessere video av ønsket arbeidsområde. For å kommunisere med kamera i taket var det også nødvendig å installere en ekstern driver [9], ettersom kameraet ikke var *plug-and-play*.

Det som kjennetegner en geometrisk figur er hvor mange kanter den har. OpenCV har en funksjon som kan detektere antall kanter til objekter i bildet. Dette kalles *edge detection* og

er en gren som tilhører objektgjenkjenning. Denne funksjonen utførte først objektlokalisering for å finne figurene, deretter ble det telt opp hvor mange kanter figurene hadde.

Antall kanter ble så analysert for å kjenne igjen hvilke typer geometriske figurer den så på bildet. Ut ifra dette kunne man også kalkulere senterpunktet til hver figur. De foreløpige verdiene måtte deretter skaleres fra piksel-dimensjon til metriske verdier. Dette ble gjort ved å beregne forholdet mellom høyden i bildet med tilsvarende høyde på arbeidsområdet.

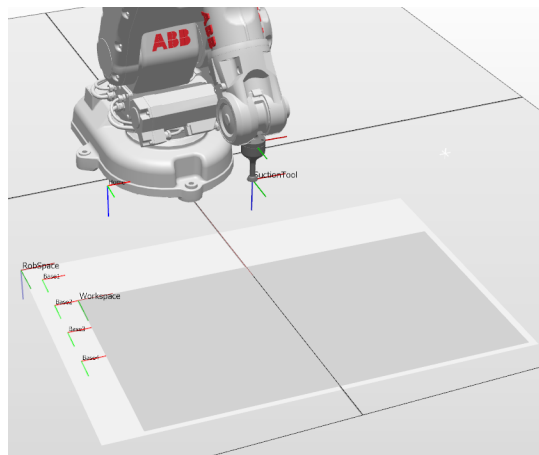
I forbindelse med videre kommunikasjon til robotarmen var det nødvendig å etablere et referansepunkt. Det viste seg at OpenCV analyserte bildet som en matrise ved at den startet i det øverste venstre hjørnet, og jobbet seg bortover rad for rad. Referansen for videre kommunikasjon måtte derfor være øverst til venstre i bildet.

C. Socket programmering

For å oppnå kommunikasjon mellom Python koden som tok seg av objektgjenkjenningen og RobotStudio som beveger robotarmen ble det benyttet socket programmering. Python programmet ble satt opp til å være en klient, og robotarmen ble konfigurert til å være server. Før dataen kunne sendes videre til robotarmen måtte alle numeriske verdier konverteres til datatypen *string*. Dette ble gjort i en egendefinert funksjon som tok i mot antall identifiserte kanter, samt piksel koordinater til senter i figurene og returnerte dette som en string. Beskjeden som ble sendt inneholdt benevnelsen av hvilken type figur samt senter koordinatene til figuren.

D. RobotStudio

For at ABB-robotarmen skulle plukke opp figurene var det viktig å synkronisere arbeidsområdet til kameraet med arbeidsområdet til robotarmen. Kameraet var montert slik at på videoen som ble vist var hjørnet oppe til venstre for kameraet tilsvarende hjørnet nede til høyre for basen til robotarmen. Programmet som ble laget i Python sendte koordinater med utgangspunkt fra hjørnet oppe til venstre. Der X-aksen strakk seg langs øvre kant og Y-aksen nedover langs bildets venstre kant.

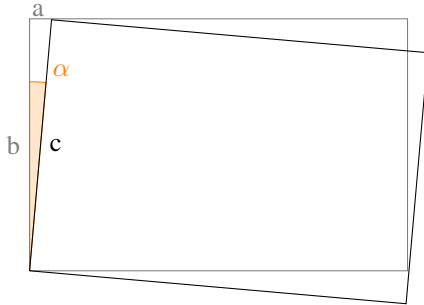


Figur 3. Arbeidsområde definert i forhold til bildeutsnitt brukt i OpenCV

Løsningen som ble valgt var å lage et workobject i RobotStudio som tilsvarende arbeidsområdet til kameraet som vist i figur 3. Arbeidsområdets vinkel i forhold til arbeidsbordet ble justert ved hjelp av en trigonometrisk funksjon:

$$\text{Vinkel } \alpha = \tan^{-1} \frac{a}{b}$$

og er vist i figur 4



Figur 4. Hvordan man finner vinkel α mellom to plan

Siden kameraet er montert i taket oppfatter den figurene kun i 2D. Det vil si at kameraet ikke kan detektere høydene på figurene som vises i arbeidsområdet. Høyden på de forskjellige figurene må derfor pre defineres for hver figur.

For å unngå at de sorterte geometriske figurene ikke skulle forveksles som figurer som skulle sorteres ble endestasjonene satt til å være utenfor synsfeltet til kameraet.

E. Figurene

For å vise at prosjektet med objektgjenkjenning kunne kjenne igjen forskjellige geometriske figurer falt valget ned på fire forskjellige figurer. Hver med forskjellig høyde. En trekant med en høyde på 20 mm, firkant med høyde 15 mm, sekskant med høyde 10 mm og sirkel med høyde 24 mm. De geometriske figurene firkant, trekant og sekskant ble tegnet i Tinkercad [10] og 3D-printet med bruk av PLA. PLA er et termoplastisk materiale som er relativt lufttett. Dette gjør det lettere for sugekopp-verktøyet til robotarmen å plukke opp de geometriske figurene. Sirkelen som er benyttet er en gammel snusboks som er laget av plast. PLA ble valgt fordi det var gratis og tilgjengelig på MakerSpace.

IV. RESULTATER

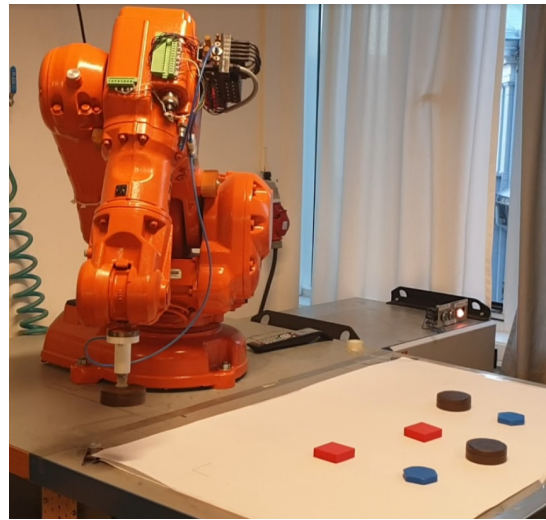
Prosjektet ble en suksess. Robotarmen klarte å sortere objektene som vist i figur 5. Figur 6 illustrerer hvordan robotarmen sorterer objektene som er tilfeldig plassert i arbeidsområdet.

Kantdeteksjon med kamera og OpenCV fugerte godt. Resultatet er vist i figur 7.

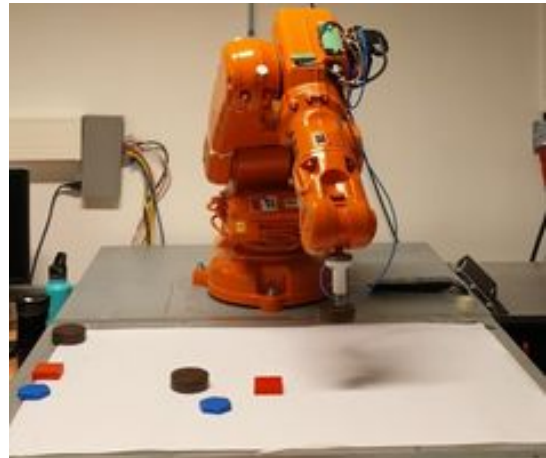
V. DISKUSJON

A. Simulering og test i RobotStudio

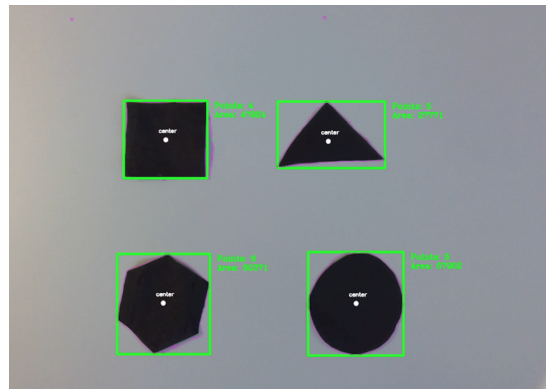
Tekststrengen som ble sendt fra Python-programmet ble i første omgang kun lest i sin helhet av programmet i RobotStudio. Når den ble mottatt av programmet i RobotStudio viste seg derimot at det var en utfordring med at Python-programmet



Figur 5. Her er et bilde av robotarmen som starter å sortere objektene



Figur 6. Her ser man at robotarmen har sortert objektene til venstre, og de resterende objektene i arbeidsområdet er tilfeldig plassert



Figur 7. Her vises det hvordan programmet detekterer og gjenkjenner objektene som er i kameraet

sendte samme tekststreng gjentatte ganger. Dette førte til at robotarmen prøvde å hente samme figur flere ganger selv om

den allerede var flyttet.

Løsningen på problemet var å sende tekststrengen inn i en rekke if-setninger. If-setningene sjekket om ny tekststreng var lik den forrige tekststrengen. De sjekket også om x-koordinatene var lik forrige x-koordinat eller om y-koordinatene var lik forrige y-koordinat. Hvis en av tilfellene var sant skulle programmet i RobotStudio se bort i fra denne tekststrengen og vente på neste tekststreng.

En kombinasjon av at kameraet ikke var montert vinkelrett på arbeidsområdet og at lyset i rommet var dynamisk endrende, kunne skyggene til objektene noen ganger plukkes opp som egne kanter. Dette resulterte i at en trekant noen ganger ble registrert som en firkant og at sirklene ikke ble detektert i det hele tatt. Dette kunne utbedres noe ved å justere på parametrene for sensitivitet i Python programkoden.

På grunn av at kameraet modellerer virkeligheten med piksler var det ikke til å komme unna at en sirkel som ideelt ikke har kanter faktisk får kanter. Med dette kameraets oppløsning ble åtte kanter registrert som en sirkel. Sirkelproblematikken er løst ved å tillate rom for avvik slik at antall kanter for en sirkel kunne være større enn syv, men mindre enn ti. Det måtte også settes en øvre grense slik at ikke alt på arbeidsområde kunne tolkes som en sirkel.

OpenCV støtter hovedsakelig bare plug-and-play enheter, noe som skapte problemer for kommunikasjon mellom OpenCV og kameraet. Det viste seg at kameraet hadde flere sensorer som ble knyttet sammen gjennom kamera driveren og programvaren, noe OpenCV ikke klarte å gjøre. Synsvinkelen til kameraet ble derfor noe dårligere enn ønsket. Bildet fra kameraet var også speilvendt som gjorde ting vanskelig da OpenCV behandler dataen med utgangspunkt i det øverste venstre hjørnet. Det var derfor nødvendig å speilvende tilbake bildet før bildeprosesseringen kunne anvendes.

Speilvendingen av bildet viste seg å være veldig prosesskrevende som resulterte i en treg videostrøm for bildeprosesseringen. En løsning på dette kunne vært å bruke en datamaskin med en kraftigere grafikkprosessor til å håndtere bildeprosesseringen.

B. Test med ABB-robotarm

Som følge av gjentatte tester med ABB-robotarmen viste det seg at Python programmet detekterte selve robotarmen som en figur og prøvde å sortere denne. Det ble derfor nødvendig å legge inn en pauseposisjon for robotarmen utenfor synet til kameraet, slik at python programmet kunne hente ny posisjon til neste geometriske figur som skulle sorteres.

Det viste seg ganske fort at trekant figuren som var laget fungerte dårlig. Den var for liten og ujevn i kantene. Noen ganger ble den registrert som en annen geometrisk figur og robotarmen prøvde å sortere den til en annen endestasjon enn for trekanten. Det viste seg også at størrelsen på trekanten gjorde det vanskelig for sugekoppen å få tak i den. Derfor ble etterhvert trekanten ekskludert fra gjennomføringen av prosjektet.

Mellom hver test i ARIS-laben viste det seg at kameraet i taket hadde flyttet seg litt. Dette medførte at arbeidsområdet

til ABB-robotarmen også hadde flyttet seg. Det var derfor nødvendig med en justering av arbeidsområdet før det var mulig å kjøre programmet. Det hadde vært ønskelig med et kamera som var bedre montert i taket og som står vinkelrett mot basen til robotarmen.

C. Forslag til forbedring av prosjektet

I dette prosjektet ble det brukt et 2D kamera festet i taket over arbeidsområdet. Dette begrenset synsvinkelen til kun å oppfatte hvor objektene lå i xy-planet. Det var dog ikke mulig å oppfatte høyden på objektene. En utbedring på dette kunne blant annet ha vært å montere et ekstra kamera som hadde kunnet oppfatte høyden på objektene slik at høyden ikke hadde måttet forhåndsdefineres.

For objektgjenkjenning kunne det alternativt blitt trent opp en modell til å gjenkjenne figurene i stedet for å gjenkjenne antall kanter. Dette hadde resultert i en mer nøyaktig bildegjenkjenning hvor flere objekter kunne blitt implementert, men det hadde samtidig krevd flere arbeidstimer noe det ikke var tilstrekkelig mange av i dette prosjektet.

For å øke bildefrekvensen kunne det blitt benyttet en kraftigere datamaskin. Dette ville forbedret nøyaktigheten og samtidig fikset mange av problemene som oppstod underveis, f.eks. utfordringen ved at Python programmet sendte samme informasjons-streng flere ganger

VI. KONKLUSJON

Det ble lagt mye tid i undersøkelser rundt det første prosjektet som ble igangsatt: finne riktig bibliotek, nøkkelkode til Choreographie, dokumentasjon om NAO osv. Prosjektet var kommet godt i gang da roboten ble ødelagt. Etter en god idemyldring var det mulig å omstille seg og finne et prosjekt som beholdt samme grunntanke. Dette ga en myk overgang til prosjekt nummer to.

OpenCV viste seg å være et meget godt verktøy å bruke for nykommere i bildeprosessering og kunstig intelligens. Emnet *ELVE3610 Robotteknikk* har gitt innføring i å lage funksjoner i Python, samt bli kjent med hvordan funksjoner ser ut. Dette ga en bedre forutsetning til å tolke funksjonene i OpenCV-biblioteket og vite hvordan å utnytte disse. Hadde prosjektperioden vært lenger eller hadde det vært mulig å trene en egen maskinlæringsmodell til å kjenne igjen de geometriske figurene i steden for å bruke kantdeteksjon, kanskje til og med laget egenspesifiserte figurer den kjente igjen.

En av laboratorieoppgavene i kurset innebar å bruke socket programmering som et kommunikasjonsledd mellom roboten og en ekstern datamaskin ved hjelp av funksjoner i RAPID (RobotStudio) og et Python-program. Dette konseptet ble godt implementert i prosjektet og gjorde det mulig å kombinere KI med ABB-robotarmen.

I arbeidet med programmeringen i RobotStudio hadde prosjektgruppen mye god kunnskap som var opparbeidet gjennom laboratorieoppgavene i faget. Likevel gikk det mye tid til å sette sammen programmodulene og få programmet til å kommunisere på en god måte med Python-programmet. Ved testing viste seg at den virtuelle verden og den virkelige

verden ikke alltid er lik. Det var derfor nødvendig med noe finjustering. Dette kom spesielt godt frem ved synkronisering av kameraets arbeidsområde til robotarmens arbeidsområde.

REFERANSER

- [1] IEEE, "Nao." <https://robots.ieee.org/robots/nao/>. Accessed 02-12-2020.
- [2] SoftBank, "Nao⁶." <https://www.softbankrobotics.com/emea/en/nao>. Accessed 02-12-2020.
- [3] Microsoft, "Maskinlæring." <https://azure.microsoft.com/nb-no/overview/what-is-machine-learning-platform/>. Accessed 04-12-2020.
- [4] OpenCV, "Opencv." <https://opencv.org/about/>. Accessed 04-12-2020.
- [5] ABB, "Abb-robotarmen." <https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-140>. Accessed 03-12-2020.
- [6] ABB, "Robotstudio." https://library.e.abb.com/public/244a8a5c10ef8875c1257b4b0052193c/3HAC032104-001_revD_en.pdf. Accessed 03-12-2020.
- [7] ABB, "Robotstudio." <https://new.abb.com/products/robotics/robotstudio>. Accessed 03-12-2020.
- [8] N. Jennings, "Socket programering." <https://realpython.com/python-sockets/>. Accessed 02-12-2020.
- [9] ABB, "Robotstudio." <https://realpython.com/python-sockets/>. Accessed 03-12-2020.
- [10] ABB, "Robotstudio." <https://www.tinkercad.com>. Accessed 03-12-2020.

TILLEGG A NAO

A. NAO-kode

NAO snakker og går

```
1 import sys
2 PATH = 'path/to/NAO/library'
3 sys.path.append(PATH)
4 from naoqi import ALProxy
5
6 naoIP = "127.0.0.0"
7 PORT = 9559
8
9 def setupNAO(name):
10     proxy = ALProxy(name, naoIP, PORT)
11     return proxy
12
13 snakke = setupNAO("ALTextToSpeech")
14 move = setupNAO("ALMotion")
15 positur = setupNAO("ALRobotPosture")
16
17 snakke.say("Hello. Do you want to play?")
18 #Sett inn voice recognition
19
20 move.post.moveTo(0.5, -0.12, -0.28) #.post gjør at man kan gjøre flere ting samtidig
21 #move.moveToward(1, 0, 0)
22 snakke.say("I am walking one meter")
23 move.waitForMoveToFinish()
24 snakke.say("Done walking")
25 positur.goToPosture("Sit", 1.0)
26
27
28 print(move.__dict__) #hva move objektet inneholder
29 #print(dir(move))
```

NAO lokaliserer en rød ball og går til den

```
1 motion = nao.ALProxy("ALMotion", naoIP, port)
2 stand = nao.ALProxy("ALRobotPosture", naoIP, port)
3 tts = nao.ALProxy("ALTextToSpeech", naoIP, port)
4 videoProxy = nao.ALProxy("ALVideoDevice", naoIP, port)
5
6 #Henter bilde
7 subscriber = videoProxy.subscribeCamera("demo", 0, 3, 13, 1)
8 imageNao = videoProxy.getImageRemote(subscriber)
9
10 motion.moveInit()
11 try:
12     stand.goToPosture("StandInit", 0.8)
13 except (ValueError, RuntimeError):
14     pass
15
16 def locate_ball():
17     headMov = NAOconfig.loadProxy("ALMotion")
18     i = 0
19     a = [-1.5, 0, 1.5]
20     b = [2.0, 4.0, 6.0]
21     isAbsolute = True
22     headMov.stiffnessInterpolation("HeadYaw", 1.0, 1.0)
23     targetName = "RedBall"
24     diameter = 0.03
25     distanceX = 0.03
26     distanceY = 0.0
27     angleWz = 0.0
28     thresholdX = 0.1
29     thresholdY = 0.1
30     thresholdWz = 1.0
31     effector = "None"
32     mode = "Move"
33     tracker = NAOconfig.loadProxy("ALTracker")
34     tracker.setEffector(effector)
35     tracker.registerTarget(targetName, diameter)
36     tracker.setRelativePosition([-distanceX, distanceY, angleWz, thresholdX, thresholdY, thresholdWz])
```

```

37 tracker.setMode(mode)
38 t_end = time.time() + 30
39 tracker.track(targetName)
40 for j in range(3):
41     headMov.angleInterpolation("HeadPitch", a[j], b[j], isAbsolute)
42     for i in range(3):
43         headMov.angleInterpolation("HeadYaw", a[i], b[i], isAbsolute)
44         i+=1
45         if tracker.isTargetLost():
46             continue
47         else:
48             break
49     j += 1
50
51 headMov.angleInterpolation("HeadYaw", 0, 8.0, isAbsolute)
52
53 if time.time() == t_end:
54     tracker.stopTracker()
55     tracker.unregisterTarget(targetName)
56     headMov.stiffnessInterpolation("HeadYaw", 0.0, 1.0)
57
58 tts.say("Trying to find ball")
59
60 tts.say("Try again")

```

TILLEGG B ABB

A. Utstyrsliste

Tabell I
OVERSIKT OVER HVILKEN PROGRAMVARE SOM BLE BENYTTET UNDER DETTE PROSJEKTET

Program	Type
RobotStudio (RAPID)	Programmeringsmiljø
Python	Programmeringsspråk
OpenCV	Bibliotek
socket	Bibliotek

Tabell II
OVERSIKT OVER HVILKEN MASKINVARE SOM BLE BENYTTET UNDER DETTE PROSJEKTET

Utstyr	Type	Fabrikant
Robotarm	IRB 140, 6kg, 0.81m	ABB
Kamera	UI-3360CP	iDS
Datamaskin	Laptop	Windows
FlexPendant	Kontroller	ABB
Sugekopp	Verktøy til robotarm	

B. Python-kode

Objektgjenkjenning

```

1 import cv2
2 import numpy as np
3 from math import floor
4
5 def stackImages(scale,imgArray):
6     '''
7     Denne funksjonen legger bilder lagvis paa hverandre. Det er nyttig
8     hvis man vil se live hvordan programmet handterer det den ser.
9     Brukes med cv2.imshow()
10    '''
11     rows = len(imgArray)
12     cols = len(imgArray[0])
13     rowsAvailable = isinstance(imgArray[0], list)
14     width = imgArray[0][0].shape[1]
15     height = imgArray[0][0].shape[0]
16     if rowsAvailable:
17         for x in range(0,rows):

```



```

18         for y in range(0,cols):
19             if imgArray[x][y].shape[:2] == imgArray[0][0].shape[:2]:
20                 imgArray[x][y] = cv2.resize(imgArray[x][y], (0,0),None,scale,scale)
21             else:
22                 imgArray[x][y] = cv2.resize(imgArray[x][y], (imgArray[0][0].shape[1], imgArray[0][0].
shape[0]),None,scale,scale)
23             if len(imgArray[x][y].shape) == 2: imgArray[x][y] = cv2.cvtColor(imgArray[x][y], cv2.
COLOR_GRAY2BGR)
24             imageBlank = np.zeros((height,width,3), np.uint8)
25             hor = [imageBlank]*rows
26             hor_con = [imageBlank]*rows
27             for x in range(0,rows):
28                 hor[x] = np.hstack(imgArray[x])
29             ver = np.vstack(hor)
30         else:
31             for x in range(0,rows):
32                 if imgArray[x].shape[:2] == imgArray[0].shape[:2]:
33                     imgArray[x] = cv2.resize(imgArray[x], (0,0),None,scale,scale)
34                 else:
35                     imgArray[x] = cv2.resize(imgArray[x], (imgArray[0].shape[1], imgArray[0].shape[0]), None,
scale,scale)
36                 if len(imgArray[x].shape) == 2: imgArray[x] = cv2.cvtColor(imgArray[x], cv2.COLOR_GRAY2BGR)
37             hor = np.hstack(imgArray)
38             ver = hor
39         return ver
40
41
42 def getContours(imgContour, img):
43     '''
44     Denne funksjonen identifiserer hvilken geometrisk figurer bilde har
45     ved aa telle antall kanter den ser samt hvor mange figurer det finnes i bilde.
46     Det blir ogsaa kalkulert senterpunktet til figurene. Dette blir tegnet paa bilde
47     hvis man vil se hva funksjonen gjoer visuelt.
48     Funksjonen returnerer antall kanter til figuren nederst til venstre og
49     koordinatene til senterpunktet.
50     '''
51     contours, hierarchy = cv2.findContours(imgContour,cv2.RETR_EXTERNAL,cv2.CHAIN_APPROX_NONE)
52     edges = 0
53     center = []
54
55     for cnt in contours:
56         area = cv2.contourArea(cnt)
57         areaMin = 5000
58         areaMax = 35000
59         #find center
60         M = cv2.moments(cnt)
61         cX = int(M["m10"] / M["m00"])
62         cY = int(M["m01"] / M["m00"])
63         if area>areaMin and area<areaMax:
64             cv2.drawContours(img,contours,-1,(255,0,255,5))
65             cv2.circle(img,(cX,cY),7,(255,255,255),-1)
66             cv2.putText(img,"center",(cX - 20, cY - 20),
67                 cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.5, (255, 255, 255), 2)
68             peri = cv2.arcLength(cnt,True)
69             approx = cv2.approxPolyDP(cnt,0.02*peri,True)
70             x,y,w,h = cv2.boundingRect(approx)
71             cv2.rectangle(img, (x,y), (x + w, y + h), (0,255,0), 5)
72             cv2.putText(img, "Points: " + str(len(approx)), (x + w + 20, y + 20), cv2.FONT_HERSHEY_COMPLEX,
0.7, (0,255,0), 2)
73             cv2.putText(img, "Area: " + str(int(area)), (x + w + 20, y + 45), cv2.FONT_HERSHEY_COMPLEX,
0.7, (0,255,0), 2)
74             edges = len(approx)
75             center = (cX,cY)
76         return edges, center
77
78 def number2string(number):
79     '''
80     Konverterer numeriske verdier til string
81     og returnerer stringen
82     '''
83     StrNumber = str(number)
84     length = len(StrNumber)
85     if length == 3:
86         return StrNumber

```

```

87     elif length == 2:
88         return '0' + StrNumber
89     elif length == 1:
90         return '00' + StrNumber
91
92 def pixel2metric(pixel):
93     '''
94     Her blir piksel verdier konvertert til millimeter
95     og returnerer millimeter verdien
96     '''
97     forholdstall = 409.0/1080.0 # mm/pixel
98     metric = floor(pixel*forholdstall) # Metric er millimeter
99     return metric # ceil runder opp til naermeste heltall
100
101 def ObjectAnalysis(edges, centerPoint):
102     '''
103     Tar i mot antall kanter som er identifisert samt piksel
104     koordinatene til senterpunktet. Tallene blir saa konvert til
105     string og det blir returnert figur identifikasjon, x og y
106     koordinater til senterpunktet som en string.
107     Eksempel melding: SQRX050Y233
108     '''
109
110     xCoor = centerPoint[0] # X koordinat
111     yCoor = centerPoint[1] # Y koordinat
112
113     xCoor = pixel2metric(xCoor) # konverterer til mm eller cm
114     yCoor = pixel2metric(yCoor) # konverterer til mm eller cm
115
116     xCoor = number2string(xCoor) # konverterer til string
117     yCoor = number2string(yCoor) # konverterer til string
118
119     shape = ''
120     if edges == 3:
121         shape = 'TRI'
122     elif edges == 4:
123         shape = 'SQR'
124     elif edges == 6:
125         shape = 'HEX'
126     elif edges > 7 and edges <11:
127         shape = 'CRC'
128     msg = ''
129     if shape!='':
130         msg = shape + 'X' + xCoor + 'Y' + yCoor
131     return msg
132
133 def imageProcess():
134     '''
135     Denne funksjonen tar et bilde fra videokameraet idet funksjonen
136     blir kalt. Deretter bestemme hvilke figurer som er i bilde
137     velge figuren som er nederst til venstre. Saa kalkulerer den
138     sentrum av figuren og tilslutt sender tilbake en string med
139     figur type samt x og y koordinater til sentrum
140     '''
141     food = "" # Initialiserer beskjed som skal returneres
142     success, img = cap.read()
143     img = cv2.flip(img,0)
144     imgContour = img.copy()
145
146     imgBlur = cv2.GaussianBlur(img, (7,7),1)
147     imgGray = cv2.cvtColor(imgBlur,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
148
149     threshold1 = 55
150     threshold2 = 50
151     imgCanny = cv2.Canny(imgGray,threshold1,threshold2)
152     kernel = np.ones((5,5))
153     imgDil = cv2.dilate(imgCanny,kernel,iterations=1)
154     figur,center = getContours(imgDil,imgContour)
155     food = ObjectAnalysis(figur, center)
156     return food

```

Kommunikasjon med robot

```

1 from center_contour import*
2 import socket

```



```

34         IF fig = "CRC" THEN ! What to do when figure is a circle
35             index := 1;
36             obj_h := h_crc;
37             Delivery := Offs(Base1,0,0,0);
38             Pickup := Offs(Origo, nval_x,nval_y, 0); ! Position of object from string
39             MoveObject;
40         ELSEIF fig = "TRI" THEN ! What to do when figure is a triangle
41             index := 2;
42             obj_h := h_tri;
43             Delivery := Offs(Base2,0,0,0);
44             Pickup := Offs(Origo, nval_x,nval_y, 0); ! Position of object from string
45             MoveObject;
46         ELSEIF fig = "SQR" THEN ! What to do when figure is a square
47             index := 3;
48             obj_h := h_sqr;
49             Delivery := Offs(Base3,0,0,0);
50             Pickup := Offs(Origo, nval_x,nval_y, -0); ! Position of object from string
51             MoveObject;
52         ELSEIF fig = "HEX" THEN ! What to do when figure is a hexagon
53             index := 4;
54             obj_h := h_hex;
55             Delivery := Offs(Base4,0,0,0);
56             Pickup := Offs(Origo, nval_x,nval_y, 0); ! Position of object from string
57             MoveObject;
58         ELSE
59             SocketSend client \Str:="Feed me!";
60         ENDIF
61     ENDIF
62 ENDIF
63 ENDIF
64 ELSE
65     WaitTime 0.5;
66     SocketSend client \Str:="Feed me!";
67 ENDIF
68 ! SocketSend client \Str:=msg; ! Send answer after received command
69 ENDWHILE
70
71 SocketClose server;
72 SocketClose client;
73
74 ERROR
75     IF ERRNO = ERR SOCK_TIMEOUT THEN
76         IF retry_no < 10 THEN
77             WaitTime 1;
78             retry_no := retry_no + 1;
79             RETRY;
80         ELSE
81             retry_no := 0;
82             RAISE;
83         ENDIF
84     ELSEIF ERRNO = ERR SOCK_CLOSED THEN
85         server_recover;
86         RETRY;
87     ELSE
88         ! No error recovery handling
89     ENDIF
90 ENDPROC
91 ENDMODULE

```

Flytting av objekter

```

1 MODULE Movement
2
3 PROC GoHome()
4     MoveJ Home,v1000,fine,SuctionTool \WObj:=Workspace;
5     ! SocketSend client \Str:="Welcome home!";
6 ENDPROC
7
8 PROC MoveObject()
9     TPWrite "ObjHeight: " \Num:=obj_h;
10    MoveJ Offs(PickUp,0,0,-200),v1000,fine,SuctionTool\WObj:=Workspace; ! Move over object
11    MoveL Offs(PickUp,0,0,-obj_h),v100,fine,SuctionTool\WObj:=Workspace; ! Move down to object
12    SuctionON;
13    MoveL Offs(PickUp,0,0,-200),v100,fine,SuctionTool\WObj:=Workspace; ! Move up
14    TPWrite "Base height: " \Num:=z_base{index};

```

```

15         MoveJ Offs(Delivery,0,0,-200),v1000,fine,SuctionTool\WObj:=Workspace; ! Move over base
16         MoveL Offs(Delivery,0,0,-z_base{index}),v100,fine,SuctionTool\WObj:=Workspace; ! Lower object
17         SuctionOFF;
18         MoveL Offs(Delivery,0,0,-200),v100,fine,SuctionTool\WObj:=Workspace; ! Move up
19         z_base{index} := z_base{index} + obj_h; ! Add object height to current base height
20         prevdata := data;
21         pval_x := nval_x;
22         pval_y := nval_y;
23         GoHome;
24     ENDPROC
25
26
27 ENDMODULE

```

Deklarering av variable- og konstante verdier, samt kjøring av hovedprosedyre

```

1 MODULE MainModule
2
3     ! Target constants
4     CONST robtarget Home:=[100,-100,-200],[1,0,0,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
5     CONST robtarget Base1:=[-50,-100,0],[1,0,0,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
6     CONST robtarget Base2:=[-50,0,0],[1,0,0,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
7     CONST robtarget Base3:=[-50,100,0],[1,0,0,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
8     CONST robtarget Base4:=[-50,200,0],[1,0,0,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
9     CONST robtarget Origo:=[0,0,0],[1,0,0,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
10    ! Target variables
11    VAR robtarget CurrentRobTarget;
12    VAR robtarget PickUp;
13    VAR robtarget Delivery;
14
15    VAR num retry_no := 0;
16    VAR socketdev server;
17    VAR socketdev client;
18    VAR string Client_IP;
19    VAR string data := "";
20    VAR string prevdata := "";
21    VAR string msg := "Operation conducted!";
22    VAR num len := 0;
23    VAR string fig := "";
24    VAR string val_x := "";
25    VAR string val_y := "";
26    VAR bool ok;
27    VAR num nval_x := 0;
28    VAR num nval_y := 0;
29    VAR num pval_x := 0;
30    VAR num pval_y := 0;
31
32    ! Object constants
33    CONST num h_crc := 24;
34    CONST num h_tri := 20;
35    CONST num h_sqr := 15;
36    CONST num h_hex := 10;
37    ! Object variables
38    VAR num obj_h := 0;
39
40    ! Stack variables
41    VAR num index := 0;
42    VAR num z_base{4} := [h_crc,h_tri,h_sqr,h_hex];
43
44
45    PROC main()
46        WHILE TRUE DO
47            GoHome;
48            Transmission;
49        ENDWHILE
50    ENDPROC
51 ENDMODULE

```