

# Objektgjenkjenning med ABB

Kenneth R. Eikrehagen	Lars-Erik Ulvund	Alexsander Kristensen	Erik Johansson
Oslo Metropolitan University	Oslo Metropolitan University	Oslo Metropolitan University	Oslo Metropolitan University
Electrical Engineering	Electrical Engineering	Electrical Engineering	Electrical Engineering
Norway, 3048 Drammen	Norway, 0357 Oslo	Norway, 0160 oslo	Norway, 0160 Oslo
Email: s331475@oslomet.no	Email: s331432@oslomet.no	Email: s331477@oslomet.no	Email: s330317@oslomet.no

**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 *Choreographie* 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 programmering 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.

Desember 07, 2020

### 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 sugeskopp-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 maskin-oppfattelse 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].

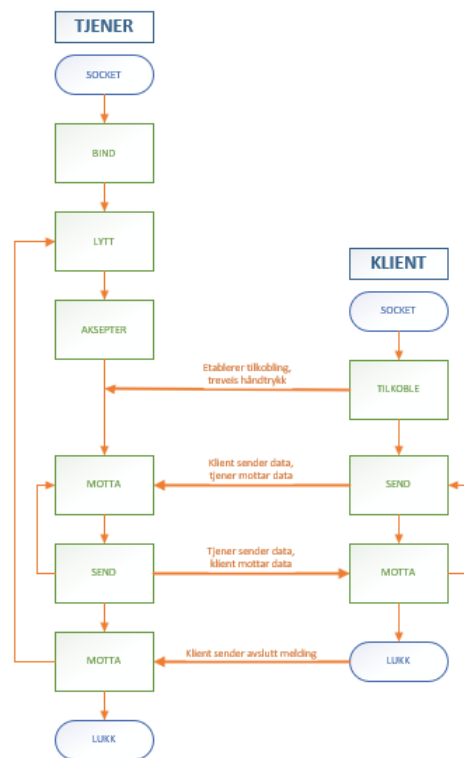
1) *Robotstudio*: Robotarmen styres av programmer som er laget i ABB sitt program RobotStudio. Programmet overføres til en såkalt FlexPendant, som er koblet til og styrer robotarmen. RobotStudio har en innebygget funksjon som gjør det mulig å simulere ønsket program før det testes på den fysiske roboten.

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 relativ 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 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.



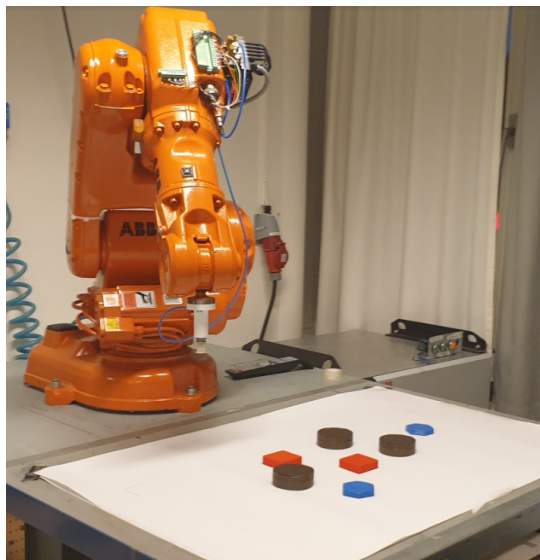
Figur 1. Flytskjema som viser hvordan socket programmering med TCP fungerer

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 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.



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

Algoritmen som ble konstruert ble testet med at robotarmen skulle sortere 4 forskjellige geometriske figurer. Figurene bestod av 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 B og B.

#### A. ABB-robotarm

Til å sortere de ulike geometriske figurene er det benyttet en ABB-robotarm, og 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 firkant figur ble plassert i hvert 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], da dette 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 deretter 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 øverste venstre hjørnet, og jobbet seg bortover rad for rad. Referansen for videre kommunikasjon måtte derfor være øverst til venstre i bildet.

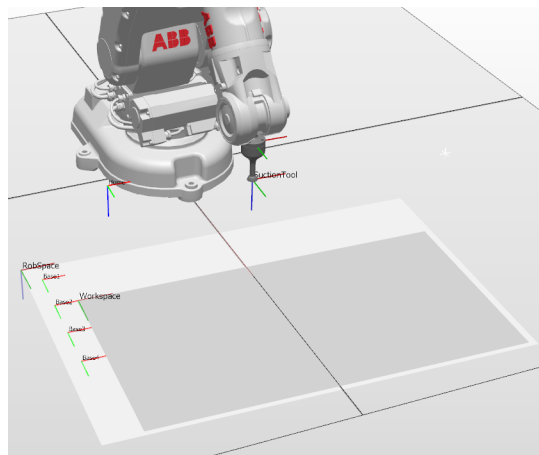
#### C. Socket programmering

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 data-typen "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.

Løsningen som ble valgt var å lage et workobject i RobotStudio som tilsvarer arbeidsområdet til kameraet. Arbeidsområdets vinkel i forhold til arbeidsbordet ble justert ved hjelp av en trigonometrisk funksjon, vinkel  $A = \tan^{-1} \frac{b}{a}$ , og er vist i figur 3.



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

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.

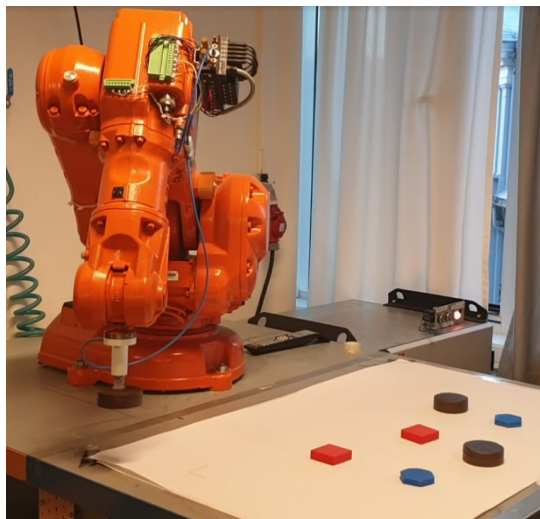
For å unngå at de sorterte geometriske figurene ikke skulle forveksles som figurer som skulle sorteres. Ble “endestasjonene” satt til å være utenfor synsfeltet til kameraet.

#### E. Figurene

For å vise at prosjektet med objektgjenkjenning kunne kjenne igjen forskjellige geometriske figurer falt valget ned på 4 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

Robotarmen brukte et sugekoppverktøy til å løfte de geometriske figurene under sortering som vist i figur 4. Figur 5 på neste side illustrer hvordan robotarmen sorterer de geometriske figurene som er tilfeldig plassert i arbeidsområdet dens.



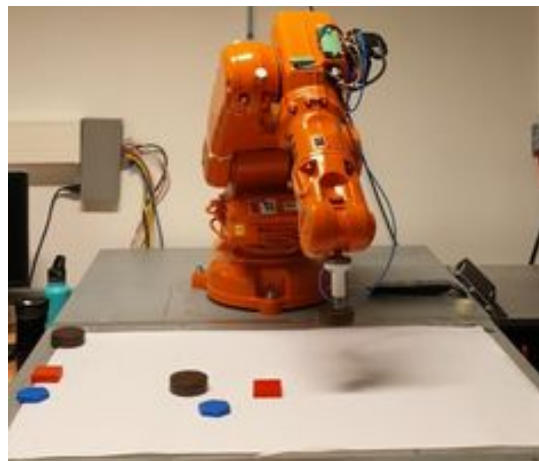
Figur 4. Her er et bilde av robotarmen som starter å sortere figurene

Hvordan programmet vi konstruerte oppfattet det som ble fanget på kameraet ser man på figur 6 på neste side.

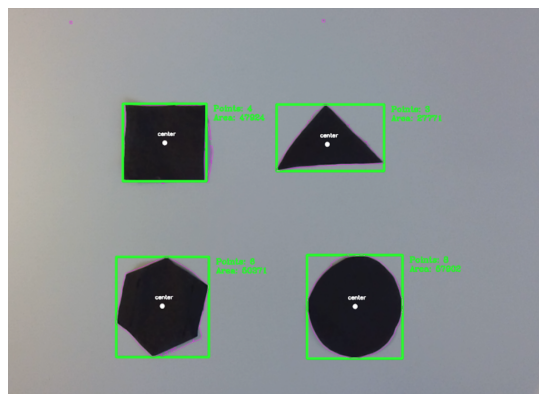
### V. DISKUSJON

#### 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



Figur 5. Her ser man at robotarmen har sortert figurene til venste, og de resterende figurene i arbeidsområdet er tilfeldig plassert



Figur 6. Denne figuren viser hvordan vårt program detekterer og gjenkjenner figurene som er i kameraet

derimot at det var en utfordring med at Python programmet 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 har 0 kanter faktisk får kanter. Med dette kameraets oppløsning ble 8 kanter registrert som en sirkel. Sirkel-problematikken er løst ved å

tillate rom for avvik slik at antall kanter for en sirkel kunne være større enn 7, men mindre enn 10. 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 "pause-posisjon" 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. Det 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 oppgaven

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-planen. 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 fikse mye 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 Choregraphe, 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 en oppgave 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 maskinlærings modell til å kjenne igjen de geometriske figurene i stedet 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-script. Dette konseptet ble godt implementert i prosjektet og gjorde det mulig å kombinere KI med ABB-robotarmen.

I arbeidet med programmeringen i RobotStudio satt vi på mye god kunnskap som var opparbeidet gjennom laboppgavene i faget. Likevel gikk det mye tid til å sette sammen programmodulene og få programmet til å kommunisere på en god måte med Python-scriptet. 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 frem når vi skulle synkronisere kameraets arbeidsområde til robotarmens arbeidsområde.

## REFERANSER

- [1] IEEE, "Nao." <https://robots.ieee.org/robots/nao/>. Accessed 02-12-2020.
- [2] SoftBanks, "Nao<sup>6</sup>." <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](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 - 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,
8     3, 13, 1)
9 imageNao = videoProxy.getImageRemote(subscriber)
10
11 motion.moveInit()
12 try:
13     stand.goToPosture("StandInit",0.8)
14 except (ValueError, RuntimeError):
15     pass
16
17 def locate_ball():
18     headMov = NAOconfig.loadProxy("ALMotion")
19     i = 0
20     a = [-1.5,0,1.5]
21     b = [2.0,4.0,6.0]
22     isAbsolute = True
23     headMov.stiffnessInterpolation("HeadYaw", 1.0,
24         1.0)
25     targetName = "RedBall"
26     diameter = 0.03
27     distanceX = 0.03
28     distanceY = 0.0
29     angleWz = 0.0
30     thresholdX = 0.1
31     thresholdY = 0.1
32     thresholdWz = 1.0
33     effector = "None"
34     mode = "Move"
35     tracker = NAOconfig.loadProxy( "ALTracker" )
```

```
34 tracker.setEffector(effector)
35 tracker.registerTarget(targetName, diameter)
36 tracker.setRelativePosition([-distanceX, distanceY
37     , angleWz, thresholdX, thresholdY, thresholdWz])
38 tracker.setMode(mode)
39 t_end = time.time() + 30
40 tracker.track(targetName)
41 for j in range(3):
42     headMov.angleInterpolation("HeadPitch", a[j]
43         , b[j], isAbsolute)
44     for i in range(3):
45         headMov.angleInterpolation("HeadYaw", a[
46             i], b[i], isAbsolute)
47         i+=1
48         if tracker.isTargetLost():
49             continue
50         else:
51             break
52     j += 1
53
54 headMov.angleInterpolation("HeadYaw", 0, 8.0,
55     isAbsolute)
56
57 if time.time() == t_end:
58     tracker.stopTracker()
59 tracker.unregisterTarget(targetName)
60 headMov.stiffnessInterpolation("HeadYaw", 0.0,
61     1.0)
62
63 tts.say("Trying to find ball")
64
65 tts.say("Try again")
```

### B. Utstysrliste

#### Software

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

Figur 7. Oversikt over hvilke software vi brukte under dette prosjektet

#### Hardware

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

Figur 8. Oversikt over hvilke hardware som ble benyttet under dette prosjektet

### C. ABB - 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
8     hverandre. Det er nyttig
```

```

8     hvis man vil se live hvordan programmet
9     handterer det den ser.
10    Brukes med cv2.imshow()
11    '''
12    rows = len(imgArray)
13    cols = len(imgArray[0])
14    rowsAvailable = isinstance(imgArray[0], list)
15    width = imgArray[0][0].shape[1]
16    height = imgArray[0][0].shape[0]
17    if rowsAvailable:
18        for x in range(0, rows):
19            for y in range(0, cols):
20                if imgArray[x][y].shape[:2] ==
imgArray[0][0].shape[:2]:
21                    imgArray[x][y] = cv2.resize(
imgArray[x][y], (0, 0), None, scale, scale)
22                else:
23                    imgArray[x][y] = cv2.resize(
imgArray[x][y], (imgArray[0][0].shape[1],
imgArray[0][0].shape[0]), None, scale, scale)
24                if len(imgArray[x][y].shape) == 2:
imgArray[x][y] = cv2.cvtColor(imgArray[x][y],
cv2.COLOR_GRAY2BGR)
25                imageBlank = np.zeros((height, width, 3), np.
uint8)
26                hor = [imageBlank]*rows
27                hor_con = [imageBlank]*rows
28                for x in range(0, rows):
29                    hor[x] = np.hstack(imgArray[x])
30                ver = np.vstack(hor)
31            else:
32                for x in range(0, rows):
33                    if imgArray[x].shape[:2] == imgArray[0].
shape[:2]:
34                        imgArray[x] = cv2.resize(imgArray[x]
, (0, 0), None, scale, scale)
35                    else:
36                        imgArray[x] = cv2.resize(imgArray[x]
, (imgArray[0].shape[1], imgArray[0].shape[0]),
None, scale, scale)
37                    if len(imgArray[x].shape) == 2: imgArray
[x] = cv2.cvtColor(imgArray[x], cv2.
COLOR_GRAY2BGR)
38                hor = np.hstack(imgArray)
39                ver = hor
40            return ver
41
42 def getContours(imgContour, img):
43     '''
44     Denne funksjonen identifiserer hvilken
45     geometrisk figur bilde har
46     ved aa telle antall kanter den ser samt hvor
47     mange figurer det finnes i bilde.
48     Det blir ogsaa kalkulert senterpunktet til
49     figurene. Dette blir tegnet paa bilde
50     hvis man vil se hva funksjonen gjoer visuelt.
51     Funksjonen returnerer antall kanter til figuren
52     nederst til venstre og
53     koordinatene til senterpunktet.
54     '''
55     contours, hierarchy = cv2.findContours(
imgContour, cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.
CHAIN_APPROX_NONE)
56     edges = 0
57     center = []
58
59     for cnt in contours:
60         area = cv2.contourArea(cnt)
61         areaMin = 5000
62         areaMax = 35000
63         #find center
64         M = cv2.moments(cnt)
65         cX = int(M["m10"] / M["m00"])

```

```

66         cY = int(M["m01"] / M["m00"])
67         if area > areaMin and area < areaMax:
68             cv2.drawContours(img, contours
, -1, (255, 0, 255, 5))
69             cv2.circle(img, (cX, cY), 7, (255, 255, 255)
, -1)
70             cv2.putText(img, "center", (cX - 20, cY
- 20),
71                 cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.5, (255,
255, 255), 2)
72             peri = cv2.arcLength(cnt, True)
73             approx = cv2.approxPolyDP(cnt, 0.02*peri,
True)
74             x, y, w, h = cv2.boundingRect(approx)
75             cv2.rectangle(img, (x, y), (x + w, y + h)
, (0, 255, 0), 5)
76             cv2.putText(img, "Points: " + str(len(
approx)), (x + w + 20, y + 20), cv2.
FONT_HERSHEY_COMPLEX, 0.7, (0, 255, 0), 2)
77             cv2.putText(img, "Area: " + str(int(area
)), (x + w + 20, y + 45), cv2.
FONT_HERSHEY_COMPLEX, 0.7, (0, 255, 0), 2)
78             edges = len(approx)
79             center = (cX, cY)
80         return edges, center
81
82 def number2string(number):
83     '''
84     Konverterer numeriske verdier til string
85     og returnerer stringen
86     '''
87     StrNumber = str(number)
88     length = len(StrNumber)
89     if length == 3:
90         return StrNumber
91     elif length == 2:
92         return '0' + StrNumber
93     elif length == 1:
94         return '00' + StrNumber
95
96 def pixel2metric(pixel):
97     '''
98     Her blir piksel verdier konvertert til
99     millimeter
100    og returnerer millimeter verdien
101    '''
102    forholdstall = 409.0/1080.0 # mm/pixel
103    metric = floor(pixel*forholdstall) # Metric er
millimeter
104    return metric # ceil runder opp til naermeste
heltall
105
106 def ObjectAnalysis(edges, centerPoint):
107     '''
108     Tar i mot antall kanter som er identifisert samt
109     piksel
110     koordinatene til senterpunktet. Tallene blir saa
111     konvert til
112     string og det blir returnert figur
113     identifikasjon, x og y
114     koordinater til senterpunktet som en string.
115     Eksempel melding: SQRX050Y233
116     '''
117
118     xCoor = centerPoint[0] # X koordinat
119     yCoor = centerPoint[1] # Y koordinat
120
121     xCoor = pixel2metric(xCoor) # konverterer til mm
eller cm
122     yCoor = pixel2metric(yCoor) # konverterer til mm
eller cm
123
124     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
136     idet funksjonen
137     blir kalt. Deretter bestemme hvilke figurer som
138     er i bilde
139     velge figuren som er nederst til venstre. Saa
140     kalkulerer den
141     sentrum av figuren og tilslutt sender tilbake en
142     string med
143     figur type samt x og y koordinater til sentrum
144     '''
145     food = "" # Initialiserer beskjed som skal
146     returneres
147     success, img = cap.read()
148     img = cv2.flip(img, 0)
149     imgContour = img.copy()
150
151     imgBlur = cv2.GaussianBlur(img, (7, 7), 1)
152     imgGray = cv2.cvtColor(imgBlur, cv2.
153     COLOR_BGR2GRAY)
154
155     threshold1 = 55
156     threshold2 = 50
157     imgCanny = cv2.Canny(imgGray, threshold1,
158     threshold2)
159     kernel = np.ones((5, 5))
160     imgDil = cv2.dilate(imgCanny, kernel, iterations
161     = 1)
162     figur, center = getContours(imgDil, imgContour)
163     food = ObjectAnalysis(figur, center)
164     return food

```

```

21
22 print(f"Gained access to {HOST_IP}") # Verifiserer
    at den har tilgang til verten
23
24 while True:
25     data = client.recv(1024) #Definerer at vi kan
    motta 1024bit.
26     print("\n"+data.decode(encoding))
27     motatt = data.decode(encoding)
28     msg = ""
29
30     if motatt == "Feed me!" or motatt == "Feed me!
    Feed me!":
31         msg = imageProcess()
32         if msg == "":
33             msg = imageProcess()
34
35         client.send(bytes(msg, encoding))
36         print(f"beskjed sendt = {msg}")
37
38 client.close()

```

## Klient koden

```

1 from center_contour import*
2 import socket
3
4 #----- Kamera settings -----#
5 # Initialiserer opploesningen til kameraet
6 frameWidth = 1920
7 frameHight = 1080
8 FPS = 1 # Frames Per Second
9 cap = cv2.VideoCapture(2) # Starter kameraet fra COM
    port 2
10 cap.set(3, frameWidth)
11 cap.set(4, frameHight)
12 cap.set(5, FPS)
13 #----- Socket programming -----#
14 client = socket.socket(socket.AF_INET, socket.
    SOCK_STREAM)
15
16 HOST_IP = '192.168.12.97'
17 port = 2222
18 encoding = 'utf-8' # Definerer hvilket bibliotek den
    skal bruke for tolking av beskjeden
19
20 client.connect((HOST_IP, port)) # Socket oppkobling

```