

RoboLift

Teknisk Sluttrapport
April 2022



Oversikt:

- Tekniske prosjektmål
- Hardware og Sikkerhet
- Software og Styring
- Resultater
- Prosjektregnskap

Tekniske prosjektmål

Teknisk videreutvikling / robustifisering:

Gjennom hele prosjektperioden vil det iterativt arbeides med både programvare og hardware/komponenter med det mål å gjøre integrasjonen mellom bomliften og nLinks styringssystem robust. I dette ligger det at systemet totalt sett skal kunne betjenes av en person med liftsertifikat, til forskjell fra konseptdemonstratoren som betjenes av nLinks ingeniører. Dette stiller krav til både brukervennlighet, sikkerhet, og at det fysiske miljøet robotliften opererer i vil variere fra det ideelle miljøet som konseptdemonstratoren er bevist å fungere i.

Budsjettposter ihht tildelingen:

| | jan | | | | feb | | | | mar | | | | |
|--|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|----|
| | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Robustifisering, Software | | | | | | | | | | | | | |
| Lift modellering | █ | | | | | | | | | | | | |
| HW integrations | | | █ | | | | | | | | | | |
| Motion planning and control | | | █ | | | | | | | | | | |
| Tilstandsmaskin, inkl safety og brukerstøtte | | | | | █ | | | | | | | | |
| Brukergrensesnitt | | | | | | | █ | | | | | | |
| Test og iterasjoner | | | | | | | | | █ | | | | |
| Endringer i interface-hardware , indirekte kost | | | | | | | | | | | | | |
| Sikkerhets evaluering | █ | | | | | | | | | | | | |
| Lift styring utvikling | | █ | | | | | | | | | | | |
| Sikkerhetssystem utvikling | | | | █ | | | | | | | | | |
| Bestille deler | | █ | | | | | | | | | | | |
| Integrasjon mot lift | | | | | | █ | | | | | | | |
| Dokumentasjon | | | | | | | | | █ | | | | |

Endringer i interface-hardware , indirekte kost

Sikkerhets evaluering
Lift styring utvikling
Sikkerhetssystem utvikling
Bestille deler
Integrasjon mot lift
Dokumentasjon
Admin (møter, fraktoppfølgig, etc)

Utviklingstimer, Software

Lift modellering
HW integrations
Motion planning and control
Tilstandsmaskin, inkl safety og brukerstøtte
Brukergrensesnitt
Test og iterasjoner
Admin, software (møter, div)



Sikkerhetsevaluering 1/2

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1.3 Liften beveger seg ut i områder hvor den kan bli truffet av andre bevegelige objekter som biler/lastebiler, t-bane eller anleggsmaskine | 4 | 2 | 8 |
| 1.4 Autonom lift stopper å fungere | 1 | 3 | 3 |
| 1.5 Autonom lift tippe ut personer i liften | 3 | 1 | 3 |
| 1.6 Liftkurven eller andre deler av liften treffer strømførende ledninger i luften. | 4 | 2 | 8 |

Utdrag av risikovurdering

Sikkerhetsanalyse for autonom lift med en påmontert robotarm har blitt gjennomført.

- Konsekvens og sannsynlighet har blitt vurdert
- Ved for høy risiko har nødvendig tiltak blitt beskrevet
- Rapport i vedlegg

| |
|--|
| Endringer i interface-hardware , indirekte kost |
| Sikkerhets evaluering |
| Lift styring utvikling |
| Sikkerhetssystem utvikling |
| Bestille deler |
| Integrasjon mot lift |
| Dokumentasjon |
| Admin (møter, fraktoppfølgig, etc) |



Sikkerhetsevaluering 2/2

| Alternative | Fordeler | Ulemper |
|--|--|--|
| Semi-autonom lift styring. Mulig løsning her vil være at en operatør må holde inne en knapp hver gang liften skal bevegges autonomt. | Operatøren vil ha ansvaret for at liften ikke treffer noe/noen, og at den holder seg innefor tillatt arbeidsområde. Mens liften vil fortsatt være autonomt styrt og bevege seg til planlagt beste plassering. + | En operatør vil alltid måtte være til stede hver gang liften flyttes til neste arbeidsposisjon. - |
| Sertifisert software som styrer liftens bevegelser innenfor godkjent arbeidsområde. | Full autonom lift styring. +++ | Ekstremt vanskelig og kostbart å sertifisere software ----- |
| Dekke liftkurven og liftens bevegelige deler slik at den vil stoppe hvis den er i ferd med å treffe noe/noen. | Full autonom lift styring. +++ | Kan fortsatt ikke kjøre autonomt i områder med strømførende ledninger og bevegelige objekter som f.eks biler Vil kreve mange sikkerhetsgodkjente sensorer som koster mye, og det vil være utfordrende å faktisk få dekket hele liften. ----- |

Vurdering av grad av autonom styring

I tillegg har det blitt vurdert hva som må til for å forhindre at liftkurven eller andre deler av liften kan treffe et bygg. Resulterende løsninger kan ha store innvirkninger på faktorer som kost, brukervennlighet og fleksibilitet.

| |
|--|
| Endringer i interface-hardware , indirekte kost |
| Sikkerhets evaluering |
| Lift styring utvikling |
| Sikkerhetssystem utvikling |
| Bestille deler |
| Integrasjon mot lift |
| Dokumentasjon |
| Admin (møter, fraktoppfølgig, etc) |



Hardware integrasjon 1/2

Fullført integrasjon av lift-styring, hvor vi nå kan styre alle ledd på liften, inkludert fotpedal i kruven.

Ekstra funksjoner som har blitt integrert er:

- Sammenkoblet nødstoppbrytere fra liften til robotarmen.
- Ekstra nødstoppbryter på lang ledning når liften styres eksternt
- Ekstra manuell/auto bryter montert på bunnen av liften.
- Lystårn som indikerer om liften står i manuell (grønt) eller autonom styring (gult), og et ekstra (rødt) lys når fotpedalen har blitt eksternt aktivert.
- Bevegelsessensor i lift kurven (IMU).
- Wifi mottaker for å koble til totalstasjon
- Canbus kobling til liftens styresystem for avlesning av lift sensorer (Smartlink)

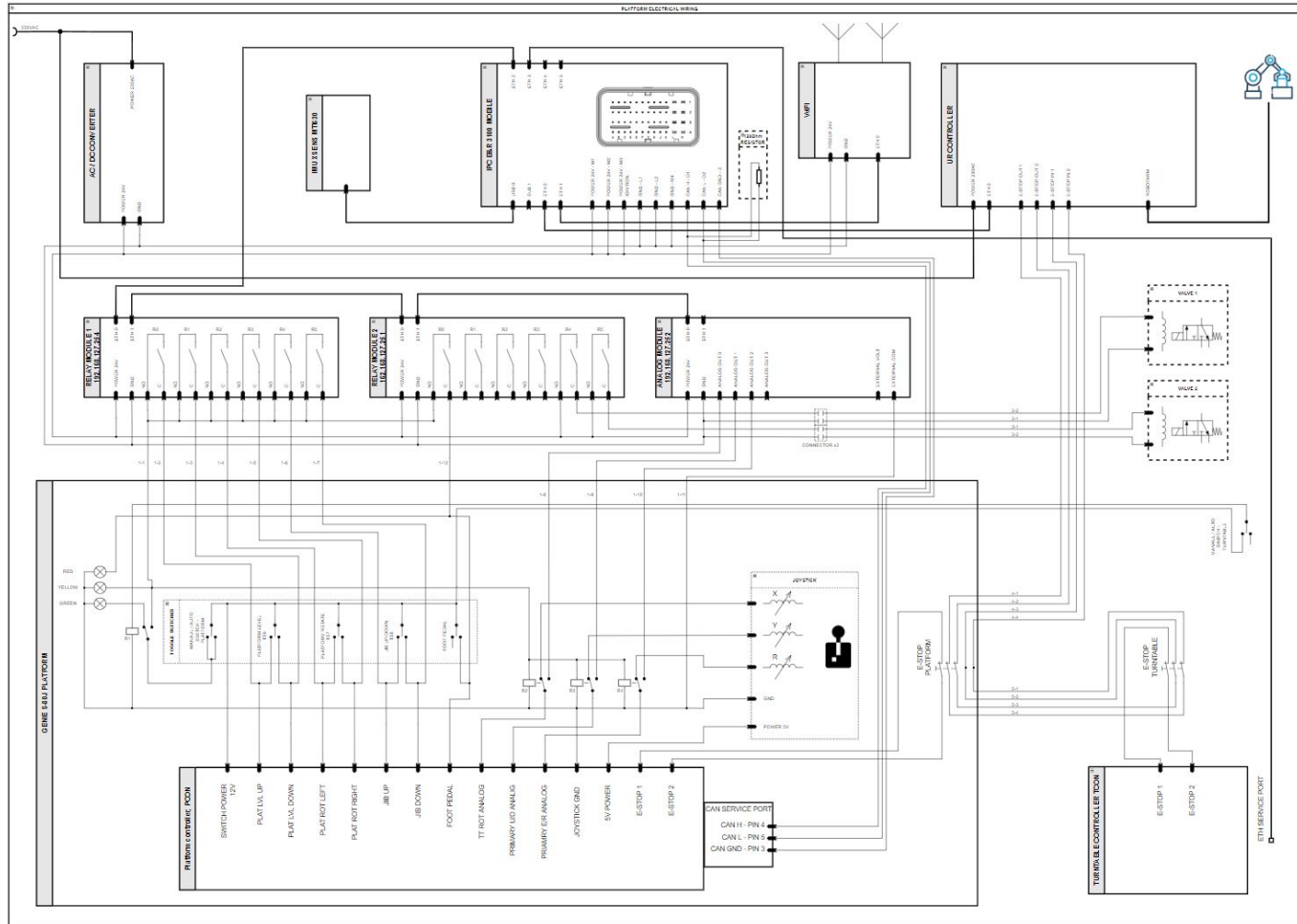


Eksempler på integrerte komponenter

| Endringer i interface-hardware , indirekte kost |
|---|
| Sikkerhets evaluering |
| Lift styring utvikling |
| Sikkerhetssystem utvikling |
| Bestille deler |
| Integrasjon mot lift |
| Dokumentasjon |
| Admin (møter, fraktoppølgig, etc) |



Hardware integrasjon 2/2



Koblingskjema med liftsyring og tilleggsfunksjoner



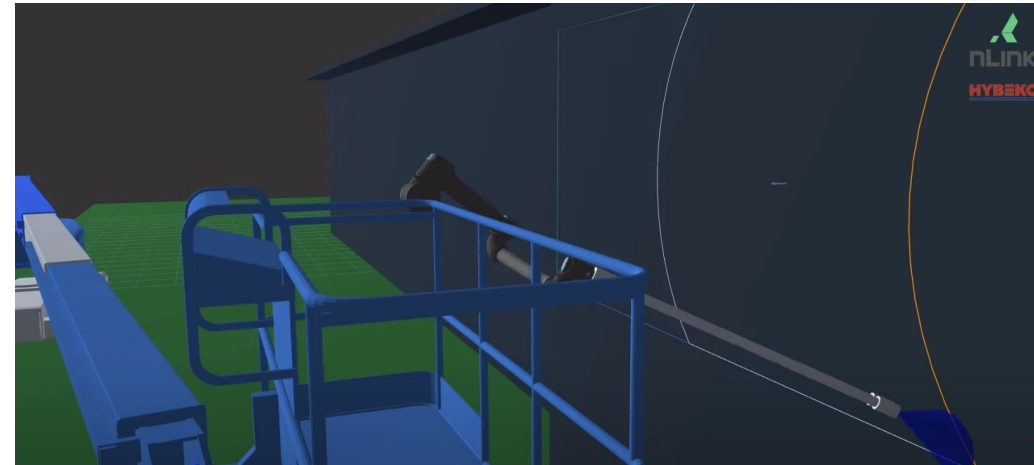
Robust ktronikkskap med I/O-moduler

| |
|--|
| Endringer i interface-hardware , indirekte kost |
| Sikkerhets evaluering |
| Lift styring utvikling |
| Sikkerhetssystem utvikling |
| Bestille deler |
| Integrasjon mot lift |
| Dokumentasjon |
| Admin (møter, fraktoppfølging, etc) |



Software og styring

- Styring av lift gjennom modbus-signaler til joystick-input
- Canbus-integrasjon av lift sensorer
- Modellering av S80J-lift
 - Jib-ledd introduserer uendelig mange invers-kinematikk-løsninger og krever spesialhåndtering
- Beveglesplanlegging og kontroll
 - Mulighet for lineære bevegelser for lift-kurv
 - Vaskebevegelser tilpasset målt arbeidsplan
- Tilstandsmaskin, inkl safety og brukerstøtte
 - Håndtering av brukerstyrt avbrudd (estop eller digital knapp)
 - Håndtering av kollisjonsrelatert avbrudd for robotarm



Software og Styring

Brukergrensesnitt:

- Kontroll over alle liftens funksjoner
- Danner grunnlaget av et penere grafisk brukerinterface basert på valgt applikasjon
- Dokumentasjon av bruk (vedlegg)

Control Switch: OFF

Footpedal

Footpedal OFF Footpedal ON Modbus output: ON

Movements

+Turntable (left?) -Turntable (right?) Speed 90%: Modbus output: 2.398V, int: 982

Primary Down Primary Up Speed 92%: Modbus output: 2.398V, int: 982

-Extension +Extension Speed 91%: Modbus output: 2.398V, int: 982

Jib Down **Jib Up**

Platform Level Up Platform Level Down

Platform Rotate Left Platform Rotate Right

Valves

Valve 1 OFF Valve 1 ON Modbus output: OFF

Valve 2 OFF Valve 2 ON Modbus output: OFF

Utsnitt av brukergrensesnitt



Resultater 1/2



Control Switch: OFF

Footpedal

Footpedal OFF

Footpedal ON

Modbus output: OFF

Movements

+Turntable (left?)

-Turntable (right?)

Speed 90%:



Modbus output: 2.398V, int: 982

Primary Down

Primary Up

Speed 92%:



Modbus output: 2.398V, int: 982

-Extension

+Extension

Speed 91%:



Modbus output: 2.398V, int: 982

Jib Down

Jib Up

Platform Level Up

Platform Level Down

Platform Rotate Left

Platform Rotate Right

Valves

Valve 1 OFF

Valve 1 ON

Modbus output: OFF

Valve 2 OFF

Valve 2 ON

Modbus output: OFF

Timed Movements

Joint: Turntable

Direction: -

Speed 100%:



Time:

3

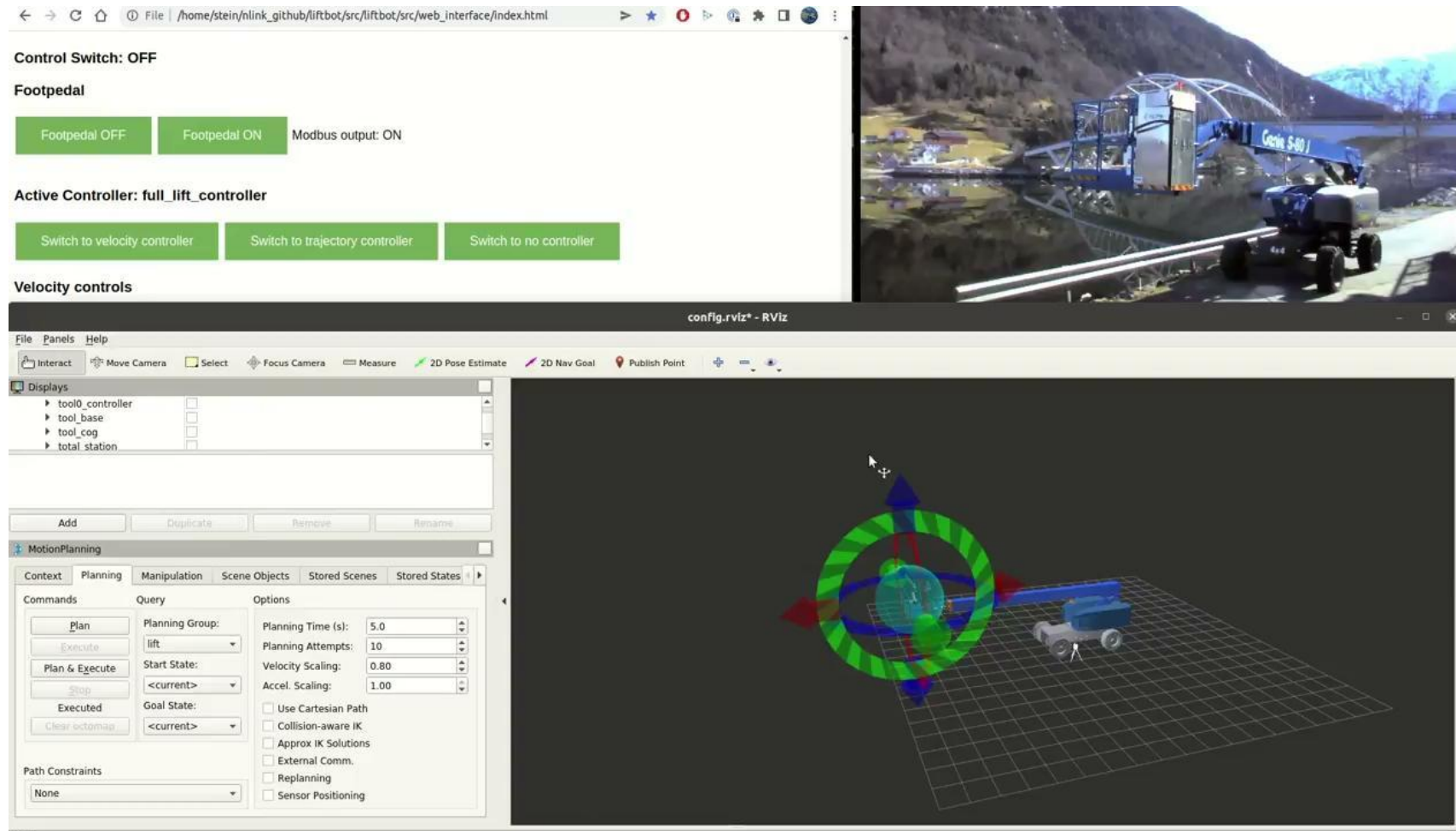
Start movement

Abort movement

Direkte styring av liftens funksjoner via manuelt brukergrensesnitt



Resultater 2/2



Full robotstyring av liften, inkludert planlegging av bevegelse i en virtuell verden med påfølgende automatisk bevegelse av liften



Økonomistyring/Prosjektregnskap (nLink) 1/2

- Rutinert team, lite behov for teknisk prosjektledelse
- Ressurs-skvis på SW i januar
- Valgte å gjøre en grundigere jobb på HW i påvente av SW-ressurs
- Dette gikk mest utover brukergrensesnitt
- April-tall ikke låste

| Teknisk utvikling | | | | | | |
|--------------------------|-----|----------|--------|---------|-------|--------|
| Totalt bevilget timer | 775 | Desember | Januar | Februar | Mars | April* |
| SW | 410 | 35 | 35 | 120 | 120 | 50 |
| HW | 285 | 20 | 120 | 120 | 80 | 20 |
| TPL | 80 | 10 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Sum | | 65 | 170 | 255 | 215 | 85 |
| Akkumulert | | 65 | 235 | 490 | 705 | 790 |
| Gjenværende | | 710 | 540 | 285 | 70 | -15 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| Markedsavklaring | | | | | | |
| Totalt bevilget timer | 320 | | Januar | Februar | Mars | April* |
| Ressurs #1 | | | 95.5 | 95.5 | 95.5 | 35 |
| Sum | | 0 | 95.5 | 95.5 | 95.5 | 35 |
| Akkumulert | | 0 | 95.5 | 191 | 286.5 | 321.5 |
| Gjenværende | | 320 | 224.5 | 129 | 33.5 | -1.5 |



Økonomistyring/Prosjektregnskap (nLink) 2/2

| Innkjøp | |
|----------------------|-----------|
| Grensesnitt mot lift | 10,000 kr |
| Forbruksmateriell | 5,000 kr |

Utklipp, budsjettpost for anskaffelser

| Deler | Antall | Pris |
|------------------------|---------------|------------------|
| IO modul rele | 2 | 3,850 kr |
| IO modul analog | 1 | 3,419 kr |
| Lystår | 1 | 1,166 kr |
| Nødstop bryter | 1 | 1,922 kr |
| Bryter manuell/auto | 1 | 341 kr |
| Kabler, kontakter osv. | 1 | 5,000 kr |
| | Sum | 15,698 kr |

Oversikt over anskaffelser i prosjektet



Vedlegg

- [Risikoevaluering](#)
- [Koblingskjema](#)
- [Link til mappe med videoer](#)





Contact:

Tomas Henninge
Forretningsutvikler
tomas@nlink.no
+47 415 12721

Visiting address:

Årøyvegen 7
6856 Sogndal
Norway