Teleoperation of a surgical robot using force feedback

December 22, 2017

Gruppe 633

Dániel Bolgá Filip Maric Nicolas Silvani Simon Bjerre Krogh





Gruppe 735

Introducti

Konklusion

0

Konklusion

KOTIKIUSIOI

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvemen

Discus

0-4:---

Konklusio

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark Introduction

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Discussion Conclusion

Optimering

Konklusion



Simon Bjerre Krogh

Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Introduction

Konklusion

System overview

Manufata atau

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Ontimorina

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark

Introduction

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement

nklusion

Canalinaian

Optimering

Konklusion



► Trolley

Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Introduction

Konklusion

System overview

Konklusion

Konklusion

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark

40



Gruppe 735

Introduction

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

DISCUSSIC

Corrolasic

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark ► Trolley

► Elektromagnet





Gruppe 735

Introduction

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Optimering

Konklusion

► Trolley

▶ Elektromagnet









Gruppe 735

Introduction

Konklusion

System overview

Konklusion

Konklusion

Result

Konklusion

Konklusion

Optimering

Konklusion

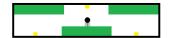
► Trolley

► Elektromagnet



Approximation af container vægt







Gruppe 735

Introduction

Konklusion

System overview

Konklusion

Konklusion

Result

Konklusion

Konklusion

Konklusion

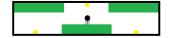
▶ Trolley

► Elektromagnet



- Approximation af container vægt
- Statisk friktion







Optimering

Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Introduction

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

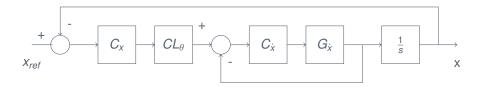
Discussio

Conclusio

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark Statisk friktion





Gruppe 735

Konklusion

System overview

.,...

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimatio

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Discussion

Conclusion

Optimerin

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark Analyse af kran



Gruppe 735

ntroductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusio

Improvement

Konklusion

Discussion

Konklusion

- ► Analyse af kran
- ► Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse



Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

troduction

Konklusion

System overvie

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimatio

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Discussion

Conclusio

Optimerin

Konklusion

- ► Analyse af kran
- ► Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- ▶ Parameter estimeringer



Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Konklusion

Konklusion

Konklusion

Gruppe 735

Analyse af kran

► Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse

Parameter estimeringer

► Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer



Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

. . .

Konklusion

System overvie

.

KONKIUSIOI

Communication

Konklusion

Force estimation

_ .

Nonkiusic

Improvomo

Konklusion

Discussi

Conclusion

Optimerin

Konklusior

Analyse af kran

Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse

► Parameter estimeringer

► Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer

Strøm offset kan kompensere for statisk friktion



Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

traduction

Konklusion

System overvie

Cystein over vie

Konklusior

Communication

Konklusion

Force estimation

Pocult

Konklusio

Improvement

Konklusion

DISCUSSI

Corrolasio

Optimering

Konklusion

Analyse af kran

Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse

► Parameter estimeringer

► Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer

Strøm offset kan kompensere for statisk friktion

Kaskade kobling



Gruppe 735

Konklusion

System overview

-,---

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimatio

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Discussion

Conclusion

Ontimerin

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark Kontrol lab



Simon Bjerre Krogh

Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

ntroducti

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Konklusion

Discussion

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark Introduction

Konkiusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

nprovement

nkiusion

Conclusion

Optimering

Konklusion

► Trolley

Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Konklusion

System overview

Konklusion

Konklusion

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark

40



Gruppe 735

ntroductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communicatio

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

mark and a

Conclucio

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark ► Trolley

► Elektromagnet





Gruppe 735

Introductio

Konklusion

System overview

Konklusion

0-----

Konklusion

Force estimat

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

0 - - 1 - 1

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer

► Trolley

▶ Elektromagnet









Gruppe 735

ntroductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimati

Result

Konklusion

Improvem

Konklusion

_ . . .

Konklusion

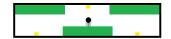
Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark ► Trolley

Elektromagnet



 Approximation af container vægt







Gruppe 735

Konklusion

System overview

Konklusion

Konklusion

Result

Konklusion

Konklusion

Konklusion

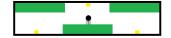
▶ Trolley

► Elektromagnet



- Approximation af container vægt
- Statisk friktion







Optimering

Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

ntroductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

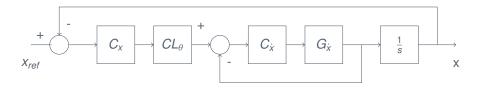
DISCUSSIO

Coriciusio

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark Statisk friktion



Gruppe 735

ntroductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Discussio

Optimerin

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark Analyse af kran



Gruppe 735

Introductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusio

Improvement

Konklusion

Discussio

Conclusio

Optimerin

Konklusion

- Analyse af kran
- ► Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse



Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Konklusion

System overview Konklusion

Konklusion

Result

Improvement

Konklusion

- ► Analyse af kran
- ► Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- ▶ Parameter estimeringer



Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

ntroductio

Konklusio

. .

Konklusion

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusio

Improvemen

Konklusion

Discussion

Conclusio

Optimorning

Konklusion

Analyse af kran

Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse

Parameter estimeringer

► Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer



Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Introductio

Konklusio

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimatio

Result

Konklusio

Improveme

Konklusion

Discussi

Conclusion

Optimerin

Konklusion

Analyse af kran

Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse

Parameter estimeringer

Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer

Strøm offset kan kompensere for statisk friktion



Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Introductio

Konklusio

Cuntom quarrious

*

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusio

Improvement

Konklusion

Discussi

.

Konklusion

Analyse af kran

Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse

Parameter estimeringer

Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer

► Strøm offset kan kompensere for statisk friktion

Kaskade kobling



Gruppe 735

Konklusion

System overview

Konklusion

Communicatio

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Discussion

Conclusio

Optimerin

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark Kontrol lab



Simon Bjerre Krogh

Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Introducti

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Konklusion

Discussion

Conclusion

Konklusion

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark Introduction

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

rovement

onklusion

Conclusion

Optimering

Konklusion

Gruppe 735

ntroductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimatio

Result

Konklusion Improvement

Konklusion

Ontimorin

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark

40

► Trolley



Gruppe 735

Introductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Earna antimatic

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

0

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer

► Trolley

► Elektromagnet





Gruppe 735

Introduction

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimat

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Discussion

Correlasio

Optimering

Konklusion

► Trolley

Elektromagnet









Gruppe 735

Introduction

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Earna antim

Result

Konklusion

Improvem

Konklusion

D1000001

Konklusion

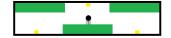
► Trolley

▶ Elektromagnet



 Approximation af container vægt







Gruppe 735

Introductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estima

Result

Konklusion

Improveme

_.

Conclusi

Optimerin

Konklusion

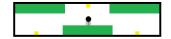
► Trolley

► Elektromagnet



- Approximation af container vægt
- Statisk friktion







Optimering

Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Introductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

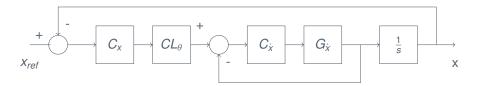
Discussio

Conclusio

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark Statisk friktion





Gruppe 735

Introductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Konklusion

Force estimation

_ .

Result

Konklusion Improvement

Konklusion

rtorittasio

Discussion

Optimerin

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark Analyse af kran



Gruppe 735

Introductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Conclusio

Ontimerin

Konklusion

- ► Analyse af kran
- ► Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse



Konklusion

Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Introduction

Konklusion

System overview

Konklusion

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Discussio

0....

Ontimorin

.....

Konklusion

- ► Analyse af kran
- ► Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- Parameter estimeringer



Konklusion

Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Introduction

Konklusio

System overview

(onklusio

Konklusion

Force estimation

Daniella

Konklusion

Konklusion

Discussio

Conclusio

Ontimorin

Konklusion

Konkiusion

- ► Analyse af kran
- Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- Parameter estimeringer
- ► Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer



Gruppe 735

Introductio

Konklusio

System overview

Manufalanda a

.

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusio

Improvomo

Konklusion

Discussion

Conclusio

Optimerin

Konklusio

Analyse af kran

- Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- ► Parameter estimeringer
- ► Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer
- Strøm offset kan kompensere for statisk friktion



Konklusion

Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Introductio

Konklusio

System overview

Manufata and a second

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusio

Konklusion

Discussi

Conclusio

Optimerin

Konklusio

Analyse af kran

Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse

Parameter estimeringer

Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer

Strøm offset kan kompensere for statisk friktion

Kaskade kobling



Gruppe 735

ntroductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Konklusion

orco octimation

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Discussion

Conclusio

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark Kontrol lab



Gruppe 735

ntroductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

. . .

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark Introduction

Konkiusion

System overview

Konklucion

Force estimation

nesuit

Improvement

Konklusion

Conclusion

Optimering

Konklusion



Force estimation model

Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Introduction

Konklusion

Systom ovorvis

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Daniela

Konklusion

Improvomor

Konklusion

DISCUSSIO

Konklusios

Konklusion

Model approach

- ▶ Nonlinearities
 - ► Hammerstein Wiener Models



Figure: Hammerstein-Wiener model.



Gruppe 735

Konklusion

Konklusion

Force estimation

Result

Improvement

Konklusion

Konklusion

▶ Linear model

► Effort

► Force

Include picture with effort force fit here!!



Gruppe 735

ntroductio

Konklusion

System overvier

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

.. .. .

Improvement

Konklusion

Conclusio

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark

- ► Linear model
 - ▶ Effort
 - ► Force

Include picture with effort force fit here!!



Gruppe 735

Introductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communicatio

Konklusion

Force estimation

KOTIKIUSIOI

Konklusion

KOTIKIUSIOI

Discussio

Konklusion

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark

- Nonlinearities
 - Deadzone nonlinearities
 - ► Input/Output -saturation

include two pictures here worksheet 4.6, 4.6 or 4.7



Simon Bjerre Krogh

Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Introduction

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Konklusion

Diamonian

Conclusion

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark Introduction

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Improvement

Manalahanian

Discussion

Conclusion

Optimering

Konklusion

► Trolley

Automatic container model crane Teleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Introductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

KOTIKIUSIOI

Discussio

Correlasio

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark

40



Gruppe 735

Konklusion

System overview

Konklusion

Konklusion

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark

► Trolley

► Elektromagnet





Gruppe 735

Introduction

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

orce estimation VINKEI SENS

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Dioodooit

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark ► Trolley

Elektromagnet









Gruppe 735

Introduction

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

force estimation Vinkel ser

Result

Konklusion

.

Konklusion

Discussi

Conclusi

Optimerin

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark ► Trolley

► Elektromagnet



 Approximation af container vægt







Gruppe 735

Konklusion

System overview

Konklusion

Konklusion

Result

Konklusion

Konklusion

Konklusion

▶ Trolley

► Elektromagnet



- Approximation af container vægt
- Statisk friktion







Optimering

Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Introduction

Konklusion

System overview

Konklusion

Konklusion

roice estillati

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

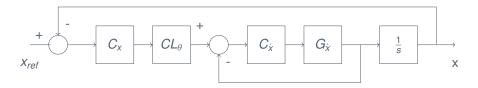
Discussio

Correlation

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark Statisk friktion



Gruppe 735

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

ROTHGOSIO

0

. . . .

Optimiornig

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark ► Analyse af kran



Gruppe 735

Introductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communicatio

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

210000010

Conclusio

Optimenni

Konklusion

- ► Analyse af kran
- ► Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse



Konklusion

Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Introduction

Konklusion

System overview

Konklusion

Communicatio

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

OTINIUSIOTI

Improvement Konklusion

ROTINIGSIO

Conclusio

Ontimorin

Manufalanda.

Konklusion

- ► Analyse af kran
- ► Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- ► Parameter estimeringer



Konklusion

Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Introductio

Konklusio

System overvie

Conklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Konklusion

KOTKIUSIOI

Konklusion

KOTIKIUSIOTI

- ► Analyse af kran
- Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- Parameter estimeringer
- ► Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer



Gruppe 735

Introduction

Konklusio

System overview

Konklusion

Communicanc

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

improvement

Konklusion

Discussio

Conclusio

Оршнонн

Konklusion

Inst. elektroniske systemer

- Analyse af kran
- Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- Parameter estimeringer
- Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer
- ► Strøm offset kan kompensere for statisk friktion



Gruppe 735

Introductio

Konklusio

System overview

-

OTKIUSIOI

Communication

Konklusion

Force estimation

Resul

Konklusion

Improvement

Konklusion

DISCUSSIO

Corrolasio

Optimering

Konklusio

Analyse af kran

Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse

Parameter estimeringer

Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer

Strøm offset kan kompensere for statisk friktion

Kaskade kobling



Gruppe 735

Introductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimati

Result

Konklusion

31111111111111

Improvement Konklusion

.

0.....

Ontimorin

Konklusion

.....

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark Kontrol lab



Simon Bjerre Krogh

Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

lates di catta a

Konklusion

System over

Konklusion

Communication Konklusion

Result

Konklusion

Improvement (2

Konklusion

Diocacción

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark Introduction

Karllar's

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Conclusion

Optimering

Konklusion

► Trolley

Automatic container model crane Teleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

ntroductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Discussio

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark

40

28

Gruppe 735

Introductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Discussion

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark ► Trolley

► Elektromagnet





Gruppe 735

Introductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communicati

Konklusion

Force estimati

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

D1000001

- -

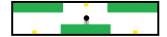
Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark ► Trolley

Elektromagnet

Vinkel sensor







Gruppe 735

Introductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation Vinkel ser

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Dioodooi

Conclusi

Optimering

Konklusion

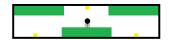
Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark ► Trolley

Elektromagnet



 Approximation af container vægt







Gruppe 735

Konklusion

System overview

Konklusion

Konklusion

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark

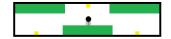
▶ Trolley

► Elektromagnet



- Approximation af container vægt
- Statisk friktion







Optimering

Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Introduction

Konklusion

System overview

Konklusion

KOTIKIUSIOI

Communication

Konklusion

Force estimati

Result

Konklusion

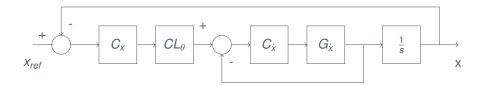
Improvement

Konklusion

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark Statisk friktion



Gruppe 735

Introductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

CONTROL

DISCUSSION

.

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark ► Analyse af kran



Gruppe 735

Introduction

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusio

Improvement

Konklusion

. .

Ontimoria

Konklusion

Konklusion

- ► Analyse af kran
- ► Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse



Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Introduction

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimatio

Result

Konklusioi

Improvement

Konklusion

Ontimoria

Konklusion

Konklusion

- ► Analyse af kran
- ► Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- ► Parameter estimeringer



Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Introductio

Konklusio

System overvie

onklusio

Communication

Konklusion

Force estimatio

Result

Konklusion

Improvomo

Konklusion

. . . .

DISCUSSION

. . .

Konklusion

- Analyse af kran
- ► Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- Parameter estimeringer
- ► Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer



Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Introduction

Konklusio

System overview

lZa alili ialaa

Communication

Konklusion

Force estimation

Rocult

Result

Improvomo

Konklusion

Discussion

Conclusio

Optimerin

Konklusion

- Analyse af kran
- Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- ► Parameter estimeringer
- ► Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer
- ► Strøm offset kan kompensere for statisk friktion



Gruppe 735

Introduction

Konklusio

System overvie

-,---

onklusion

Communication

Konklusio

Force estimation

Rocult

Result

Improvement

Konklusion

Discussion

Konklusion

Konklusion

Analyse af kran

Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse

Parameter estimeringer

Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer

Strøm offset kan kompensere for statisk friktion

Kaskade kobling



Gruppe 735

ntroductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Discussion

Conclusio

Optimerin

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark Kontrol lab



Gruppe 735

ntroduction

Konklusion

System ove

Konklusion

Communication

Konklusion

Result

Konklusion

Konklusion

Discussion

Ontimorin

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark Introduction

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

ovement

Konklusion

32

Discussion

Optimering

Konklusion



Gruppe 735

Introductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Discussion

Conclusion

Optimering

Konklusion



Gruppe 735

ntroductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Discussion

Conclusion

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark *

•



Gruppe 735

ntroductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Discussion

Ooriciasio

Optimering

Konklusion

- *
- ^
- •



Simon Bjerre Krogh

Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Introduction

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Earna antimatic

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Conclusion

Optimerin

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark Introduction

Konklusion

ystem overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

ovement

nklusion

Discussion

34

Conclusion

Optimering

Konklusion



Don't call this conclusion??

Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Introductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement Konklusion

Dioguagia

Conclusion

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark • *



Don't call this conclusion??

Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Introductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement Konklusion

Conclusion

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark *****



Don't call this conclusion??

Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Introductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement Konklusion

.

Conclusion

Ontimorino

Konklusion

- *
- *
- •



Simon Bjerre Krogh

Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Introducti

Konklusion

System overvi

Konklusion

Communication Konklusion

roice estimation

Result

Konklusion

36

Konklusion

D1000001

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark Introduction

NOTINIUSIOTI

System overview

C :

Communication

_ .

Force estimation

Result

nklusion

vement

klusion

Discussion

Conclusion

Optimering

Konklusion

► Trolley

Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Konklusion

System overview

Konklusion

Konklusion

Result

Konklusion

Improvement Konklusion

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet

Danmark

40

Gruppe 735

Introductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communicatio

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Conclusio

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark ► Trolley

► Elektromagnet





Gruppe 735

Introductio

Konklusion

System overview

Konklusion

0-----

Konklusion

Eorgo octimat

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Conclusio

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark ► Trolley

Elektromagnet









Gruppe 735

Introductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation Vir

Result

Konklusion

Konklusion

Concluci

0011010010

Optimering Konklusion

ROTHGOSOTI

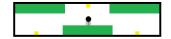
Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark ► Trolley

▶ Elektromagnet



 Approximation af container vægt







Gruppe 735

Introductio

Konklusion

System overview

Konklusion

Communicati

Konklusion

Force estimation Vinkel S

Result

Konklusion

Improveme

Conclusio

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer

► Trolley

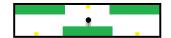
Elektromagnet



 Approximation af container vægt

► Statisk friktion





Aalborg Universitet

Danmark



Optimering

Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Introduction

Konklusion

System overview

Konklusion

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

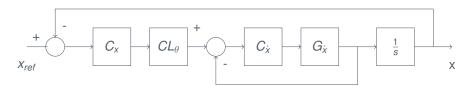
Discounties

Conclusio

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark Statisk friktion



Gruppe 735

Konklusion

System overview

Konklusion

Konklusion

Result

Konklusion

Improvement

Konklusion

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark

► Analyse af kran

Gruppe 735

Konklusion

System overview

Konklusion

Konklusion

Result

Improvement

Konklusion

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark

► Analyse af kran

► Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse



Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Konklusion

System overview

Konklusion

Konklusion

Result

Improvement

Konklusion

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark

► Analyse af kran

► Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse

▶ Parameter estimeringer



Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Konklusion

Konklusion

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark

Analyse af kran

► Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse

Parameter estimeringer

Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer



Automatic container model craneTeleoperation of a surgical robot using force feedback

Gruppe 735

Konklusion

Konklusion

Konklusion

Analyse af kran

Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse

Parameter estimeringer

Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer

Strøm offset kan kompensere for statisk friktion



Gruppe 735

Introduction

Konklusio

System overvie

OTKIUSIOI

Communication

Konklusion

Force estimation

Result

11011111111111

Improvement Konklusion

DISCUSSIO

Optimerin

Konklusion

39

- Analyse af kran
- Modeller er blevet udledt på baggrund af analyse
- Parameter estimeringer
- Root locus er benyttet under udvikling af regulatorer
- ► Strøm offset kan kompensere for statisk friktion
- Kaskade kobling



Gruppe 735

Konklusion

System overview

Konklusion

Konklusion

Result

Konklusion

Improvement Konklusion

Optimering

Konklusion

Inst. elektroniske systemer Aalborg Universitet Danmark

► Kontrol lab