

Spoof proof GPS timing

A detection and mitigation system for GPS time spoofing

A. Schultzen¹

¹Institutt for informatikk
Universitetet i Oslo

12. desember 2016

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Dekeksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Klokkemodell

Filtre

Sensor Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi

Introduksjon

- ▶ GPS-mottakere er naive, enkle å narre
- ▶ Enkle tiltak
- ▶ Laget system for å teste deteksjon og mottiltak

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing
Anvendelse
Utfordringer og trusler
Referansetrusselen

Deteksjon og mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkemodell
Filtre
Sensor Client/Server

Test av lokasjons- og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av klokkemodell og filtre

Utilsiktet forstyrrelse

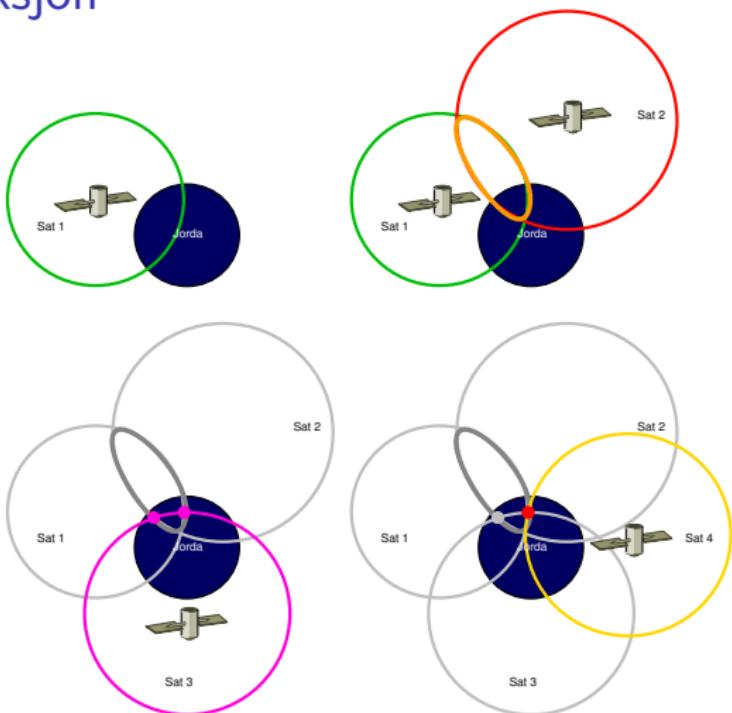
Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi

Introduksjon

GPS timing



Figur: Trilaterasjon

1 millisekund feil i klokka = 300 km feil i posisjon.

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Dektekjøn og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkekmodell
Filtre
Sensor Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkekmodell og
filtre

Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi

Introduksjon

GPS timing: Anvendelse

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen



Figur: Mobilmast [1]



Figur: PMU [2]



Figur: Wall Street [3]

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Dekeksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Klokkekmodell

Filtre

Sensor Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkekmodell og
filtre

Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi

Introduksjon

Utfordringer og trusler

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Utfordringer:

- ▶ Avhengig av å ha en antenn med fri sikt.
- ▶ Kjent kodestruktur.
- ▶ Naive mottakere.

Trusler:

- ▶ Jamming.
- ▶ Spoofing
- ▶ Feil i utstyr.

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkemodell
Filtre
Sensor Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi

Introduksjon

Utfordringer og trusler

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Dektekjøn og mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkekmodell
Filtre
Sensor Client/Server

Test av lokasjons- og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av klokkekmodell og filtre

Utilstikt forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi

Lorenzo Franceschi-Biccieri | SECURITY | 07.10.12 5:32 PM

GPS HIJACKING CATCHES FEDS, DRONE MAKERS OFF GUARD

SPOOFING GPS AND GETTING YOUR OWN UAV

July 1, 2012 by Brian Benchoff



Iran–U.S. RQ-170 incident

From Wikipedia, the free encyclopedia

An Lockheed Martin RQ-170 Sentinel unmanned aerial vehicle was brought down by its cyberwarfare unit which

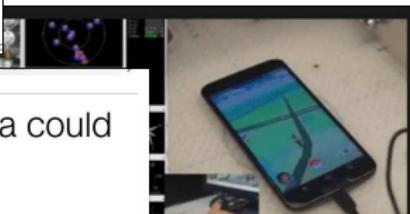
89 Comments

US spy drone hijacked with GPS spoof hack, report says

Electronic warfare comes of age – in Iran

SPOOFING GPS LOCATIONS WITH LOW COST TX SDRS

At this years Defcon 2015 conference researcher Lin Huang from Qihoo 360 presented her work on spo



Getting lost near the Kremlin? Russia could be 'GPS spoofing'

by Clare Sebastian @clarecnn

December 2, 2016 4:34 AM ET

Social Share - What's Trending



WE DECLARE THE GRANDMASTER OF POKEMON GO GPS CHEATS

July 26, 2016 by Mike Szczys

47 Comments

Introduksjon

Utfordringer og trusler

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkestøtmodell
Filtre
Sensor Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkestøtmodell og
filtre

Utilstikt
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi



FARE

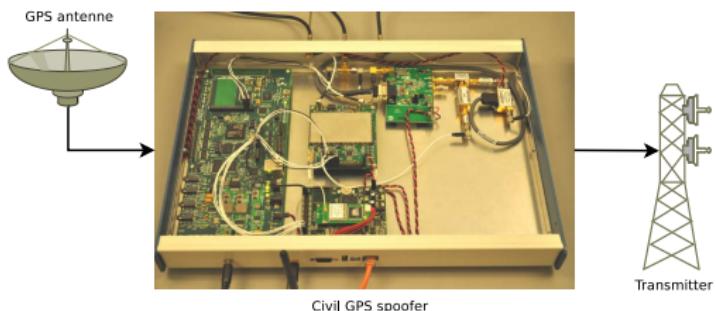
**GPS-timing kan vurderes som en
ukryptert og fysisk usikret port inn
i industrielle kontrollsystemer!**

Introduksjon

Referansetrusselen

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen



Figur: Civil GPS Spoofer [4]

- ▶ Laget et av et team fra *The University of Texas at Austin* i 2012
- ▶ Software-definert radio
- ▶ 14 «falske» satellitter
- ▶ Sømløs narring

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Dektekjøn og
mottiltak

Flere GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkekmodell
Filtre
Sensor Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkekmodell og
filtre

Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi

Deteksjon og mottiltak

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Klokkemodell

Filtre

Sensor Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi

- ▶ Sammenlikne kjent posisjon mot løst.
- ▶ Bruke flere GPS-mottakere.
- ▶ Bruke god klokke for vurdering av tidsløsning.
 - ▶ Også mottiltak!

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkemodell
Filtre
Sensor Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Utilsiktet
forstyrrelse

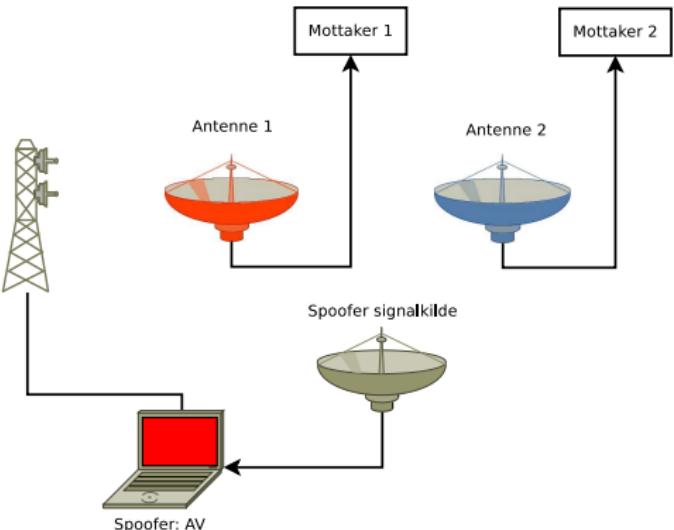
Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi

Deteksjon og mottiltak

Fleire GPS mottakere og kjent posisjon



Figur: Spoofing deteksjon med to antenner

Deteksjon og mottiltak

Flere GPS mottakere og kjent posisjon

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Klokkemodell

Filtre

Sensor Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

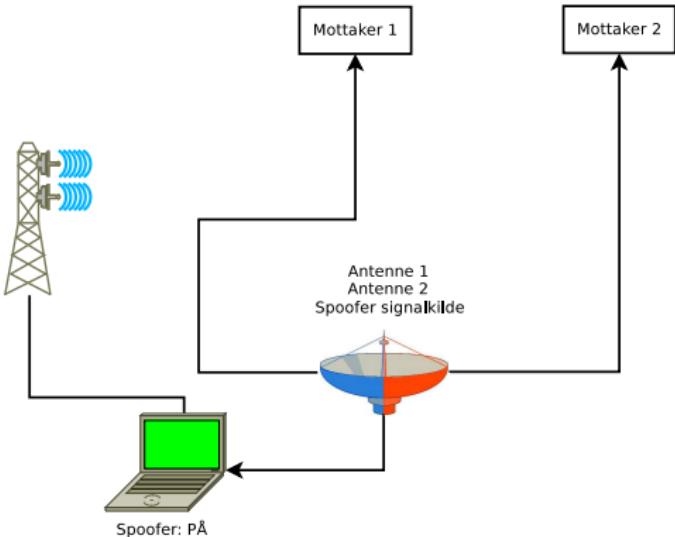
Test av
klokkemodell og
filtre

Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi



Figur: Spoofing deteksjon med to antenner

Deteksjon og mottiltak

En god klokke

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Klokkemodell

Filtre

Sensor Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi



Figur: Symmetricom SA.45s CSAC [5]

- ▶ Trenger få korrekSJoner
- ▶ Lite påvirket av temperatur
- ▶ Intern frekvensteller og styringsalgoritme

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Uf ordninger og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltakFlere GPS mottakere
En god klokkeSystem
implementasjonØnsket funksjonalitet
Klokkekmodell
Filtre
Sensor Client/ServerTest av lokasjons-
og hastighetsfilter
BeskrivelseTest av
klokkekmodell og
filtreUtilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

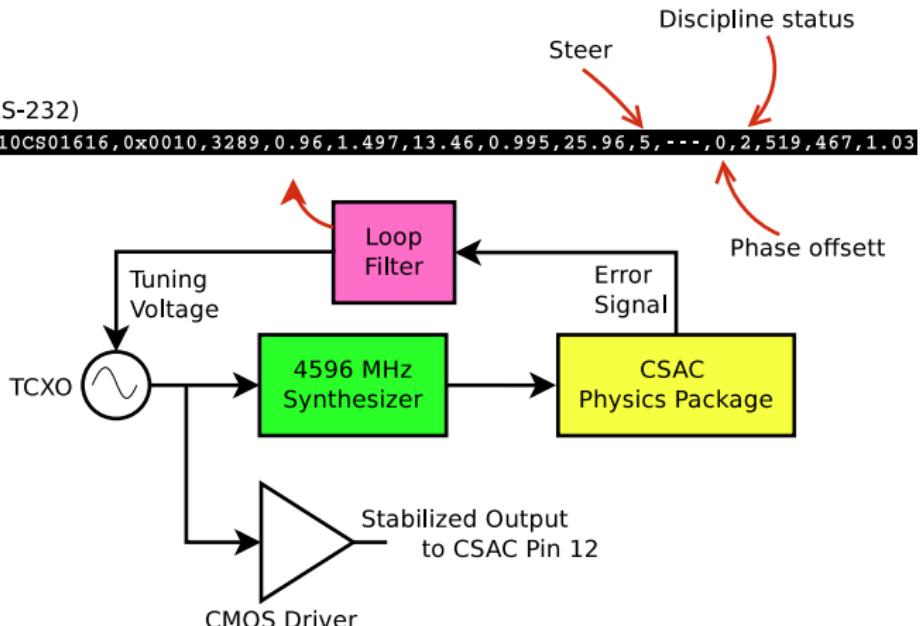
Bibliografi

Deteksjon og mottiltak

En god klokke

Telemetri (RS-232)

```
0,0x0000,1110CS01616,0x0010,3289,0.96,1.497,13.46,0.995,25.96,5,---,0,2,519,467,1.03
```



Figur: CSAC blokkdiagram

Systemimplementasjon

Ønsket funksjonalitet

- ▶ Detektere angrep
- ▶ Logging
- ▶ Enkel utbygging
- ▶ Administreres over nettverk
- ▶ Konfigurerbar

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkemodell
Filtre
Sensor Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltakFlere GPS mottakere
En god klokkeSystem
implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Klokkemodell

Filtre

Sensor Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtreUtilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

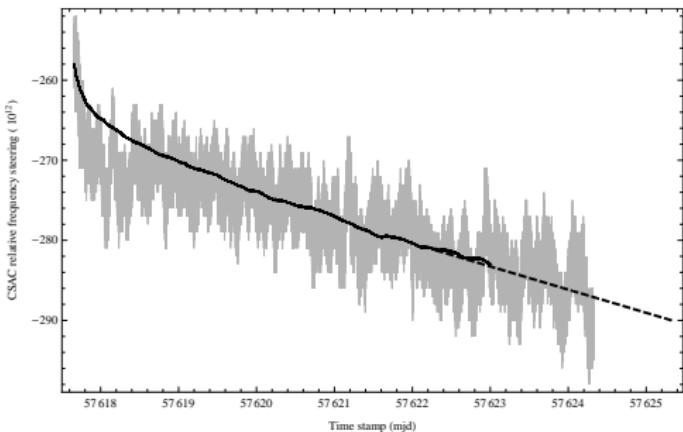
Videre arbeid

Bibliografi

Systemimplementasjon

Klokkemodell

- ▶ Utviklet av Harald Hauglin
- ▶ Bruker klokkedata (telemetri)
- ▶ 10^{-11} relativ frekvensfeil tilsvarer 1 mikrosekund/døgn



Figur: CSAC styringskorrektsjon, fra klokke og predikert.

Systemimplementasjon

Filtre

- ▶ Sted og hastighet (GPS)
- ▶ Fasehopp (Klokke)
- ▶ Frekvenskorreksjon (Klokke)

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordninger og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Klokkestørrelse

Filtre

Sensor Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkestørrelse og
filtre

Utilsiktet
forstyrrelse

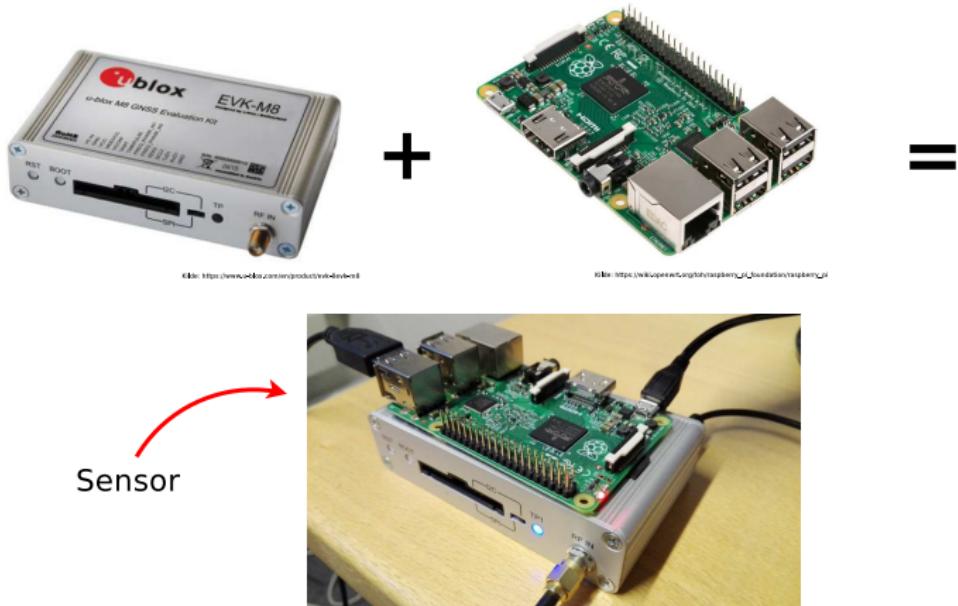
Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi

Systemimplementasjon

Sensor server: Idé



Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Klokkemodell

Filtre

Sensor Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltakFlere GPS mottakere
En god klokkeSystem
implementasjonØnsket funksjonalitet
Klokkestørrelse
Filtre
Sensor Client/ServerTest av lokasjons-
og hastighetsfilter
BeskrivelseTest av
klokkestørrelse og
filtreUtilstikt
forstyrrelse

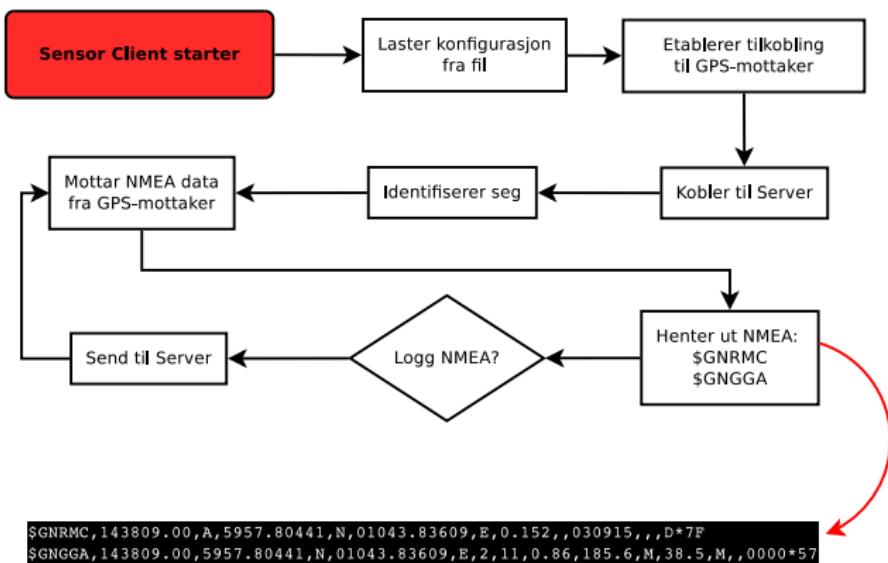
Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi

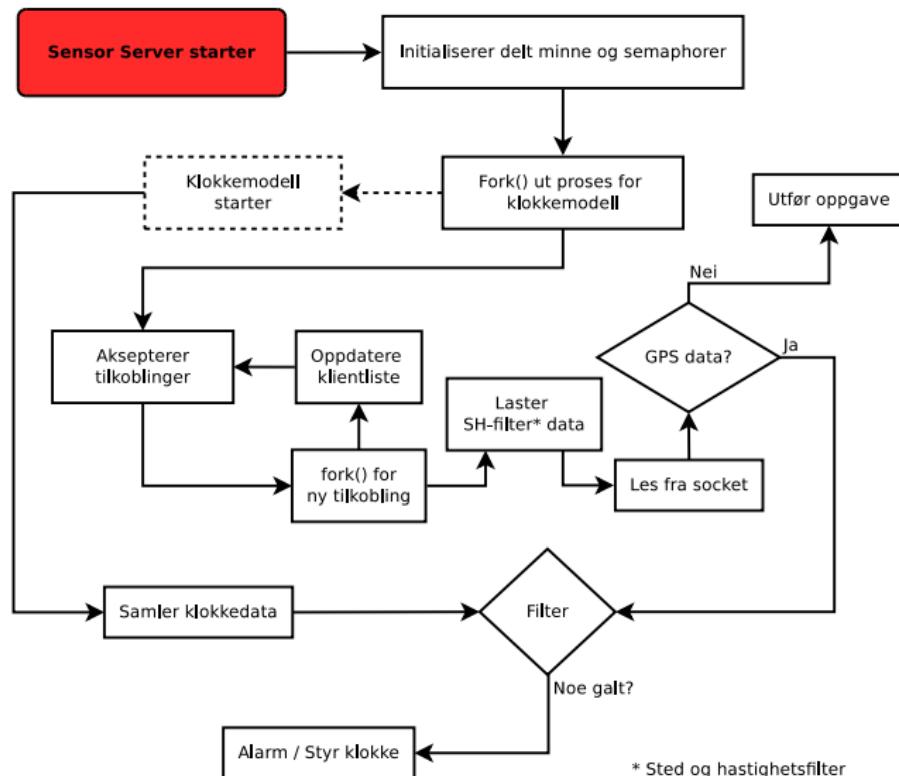
Systemimplementasjon

Sensor Client



Systemimplementasjon

Sensor server: Arkitektur



Spoof proof GPS timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordninger og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkemodell
Filtri
Sensor Client/Server

Test av lokasjons- og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av klokkemodell og filtri

Utilsiktet forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi

* Sted og hastighetsfilter

Systemimplementasjon

Kommunikasjon: Roller

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Klokkemodell

Filtre

Sensor Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

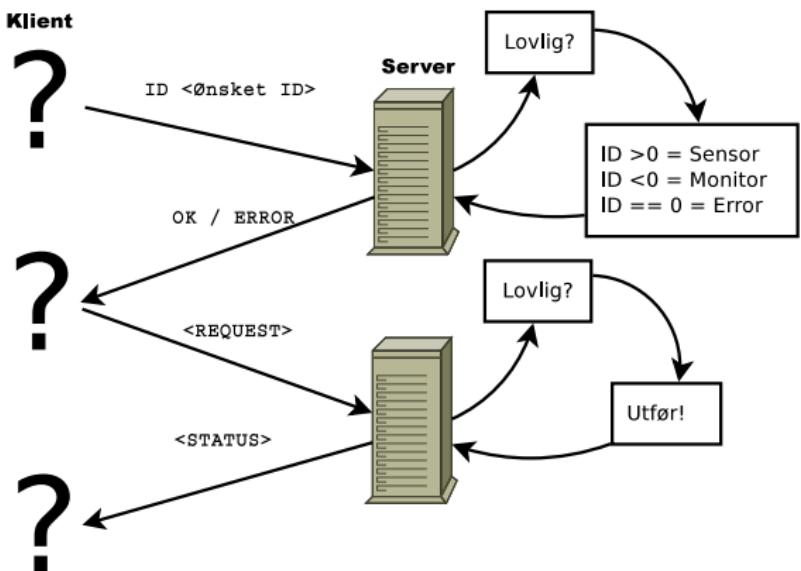
Test av
klokkemodell og
filtre

Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

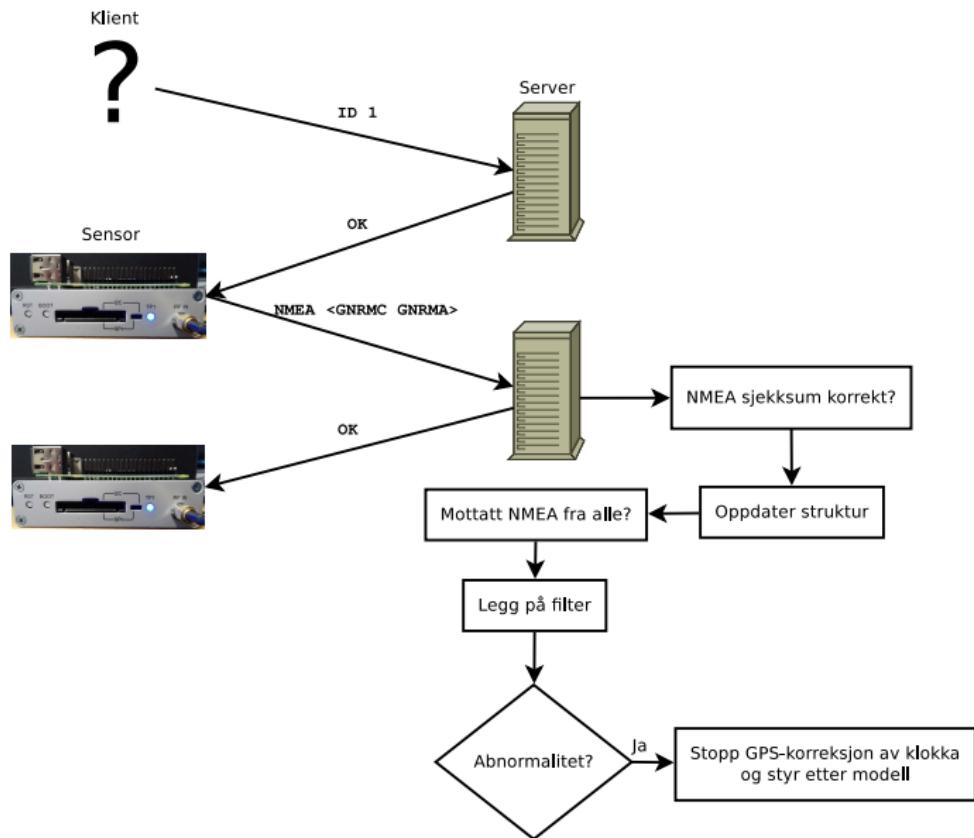
Videre arbeid

Bibliografi



Systemimplementasjon

Kommunikasjon: GPS data



Spoof proof GPS timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og mottiltak

Flere GPS mottakere
En god klokke

System implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkestørrelse
Filtre
Sensor Client/Server

Test av lokasjons- og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av klokkestørrelse og filtre

Utilsiktet forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi

Systemimplementasjon

Kommunikasjon: Bruker/Script

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordninger og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkemodell
Filtre
Sensor Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

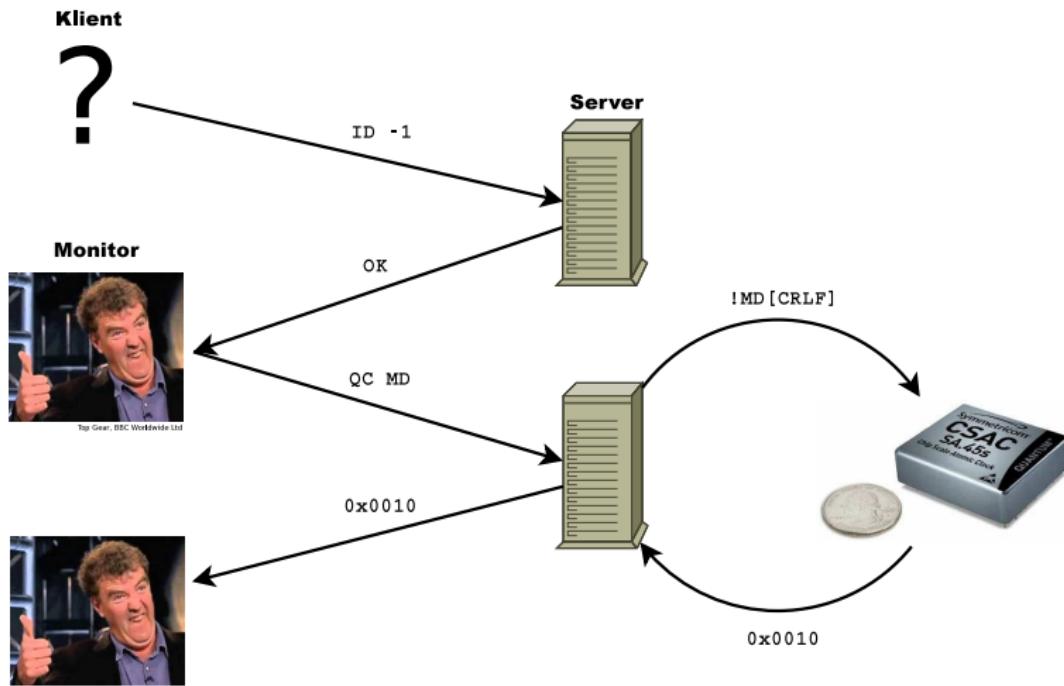
Test av
klokkemodell og
filtre

Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi



Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltakFlere GPS mottakere
En god klokkeSystem
implementasjonØnsket funksjonalitet
Klokkestøtmodell
Filtre
Sensor Client/ServerTest av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkestøtmodell og
filtreUtilstikt
forstyrrelse

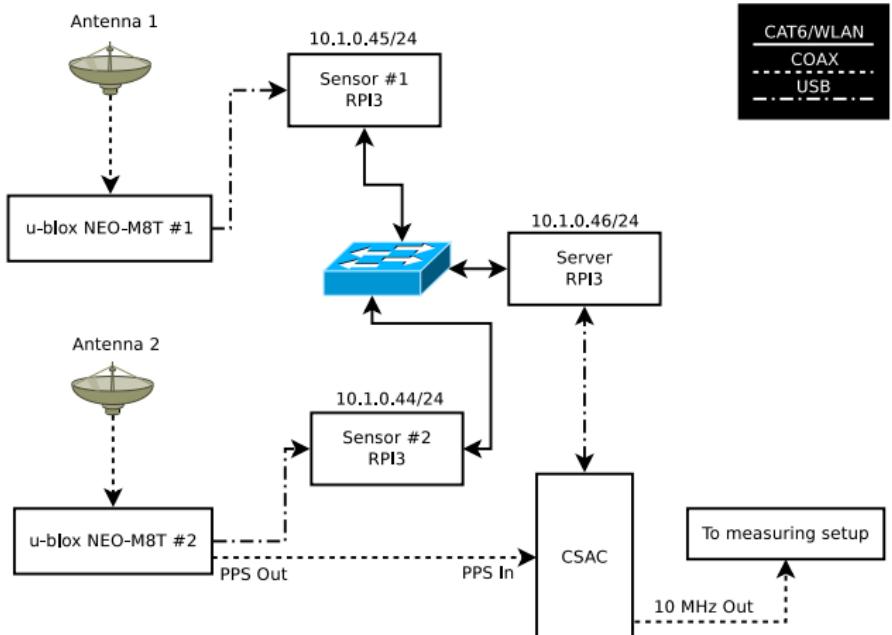
Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi

Test av lokasjon- og hastighetsfilter

Testoppsett: Konfigurasjon



Figur: Oppsett av server og klienter under test

Test av lokasjon- og hastighetsfilter

Testoppsett: Måling

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordninger og trusler

Referansetrusselen

Dekeksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkekmodell
Filtre
Sensor Client/Server

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

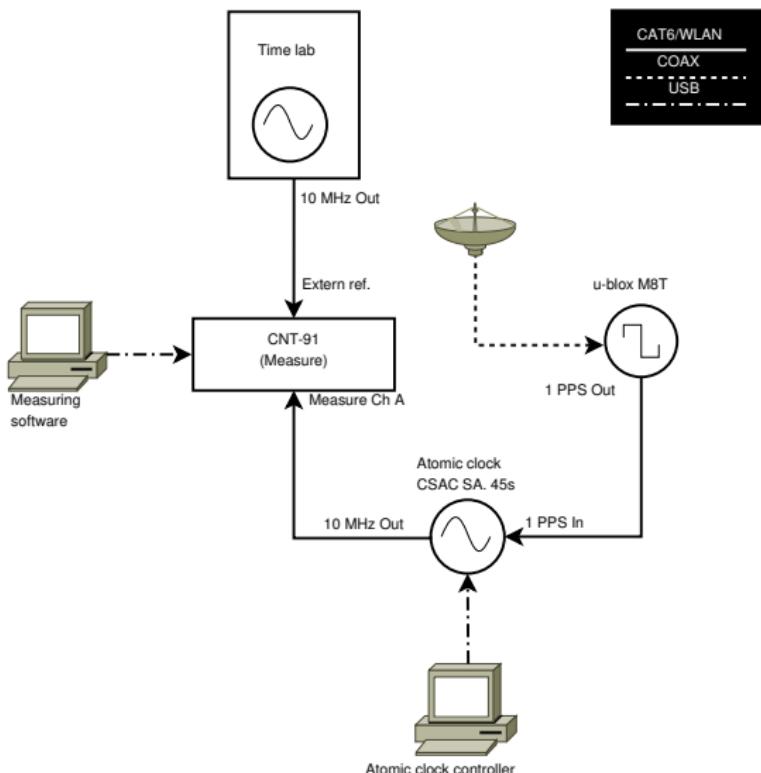
Test av
klokkekmodell og
filtre

Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi



Figur: Oppsett av måleutstyr

Test av lokasjon- og hastighetsfilter

Testoppsett: Måling

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Klokkemodell

Filtre

Sensor Client/Server

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi



Figur: Oppsett av måleutstyr

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Uf ordninger og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkekmodell
Filtre
Sensor Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkekmodell og
filtre

Utilsiktet
forstyrrelse

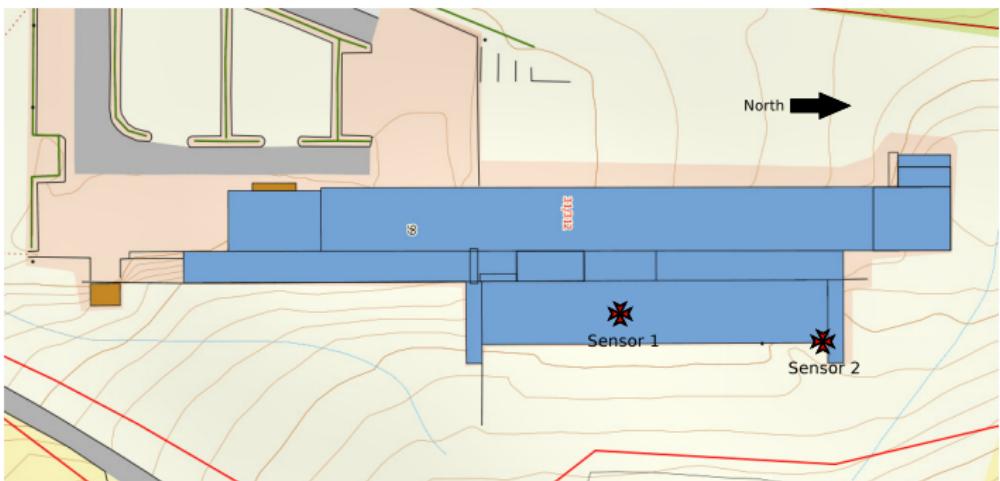
Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi

Test av lokasjon- og hastighetsfilter

Testoppsett: Plassering av mottakere



Figur: Plasseringen av GPS-mottakere

Test av lokasjon- og hastighetsfilter

Utførelse

- ▶ Flyttet antennen 1 mot antennen 2
- ▶ Flyttet antennen 2 mot antennen 1
- ▶ Viftet antennen 1 rundt i en halvsirkel
- ▶ Viftet antennen 2 rundt i en halvsirkel
- ▶ Dekket antennene

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utdringere og trusler

Referansetrusselen

Dekeksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere

En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Klokkemodell

Filtre

Sensor Client/Server

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi

Test av lokasjon- og hastighetsfilter

Utførelse



Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkemodell
Filtre
Sensor Client/Server

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordninger og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltakFlere GPS mottakere
En god klokkeSystem
implementasjonØnsket funksjonalitet
Klokkekmodell
Filtre
Sensor Client/ServerTest av lokasjons-
og hastighetsfilter
BeskrivelseTest av
klokkekmodell og
filtreUtilsiktet
forstyrrelse

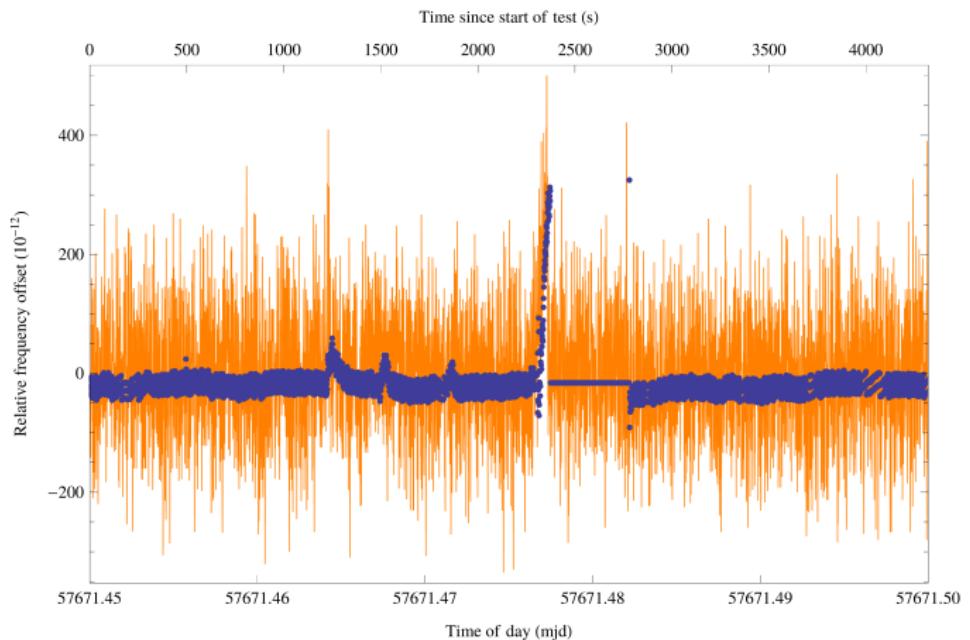
Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi

Test av lokasjon- og hastighetsfilter

Observasjon



Figur: Måleserie gjort under test av lokasjon og hastighetsfilter. Oransje:
Frekvens målt mot Justervesenet atomklokker. Blå: Frekvenskorreksjon fra
telemetri

Test av klokkestyring og filtre

Oppsett

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Ufordiner og trusler

Referansetrusselen

Dekeksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkestyring
Filtre
Sensor Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkestyring og
filtre

Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi

- ▶ Testet klokkestyringen.
- ▶ Tok bare med en Sensor da fokus var på klokkestyring.

Test av klokkestasjon og filtre

Utførelse

- ▶ Flyttet antennen
- ▶ Viftet antennen rundt i en halvsirkel

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utdringere og trusler

Referansetrusselen

Dekeksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkestasjon
Filtre
Sensor Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkestasjon og
filtre

Utilstikt
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltakFlere GPS mottakere
En god klokkeSystem
implementasjonØnsket funksjonalitet
Klokkemodell
Filtre
Sensor Client/ServerTest av lokasjons-
og hastighetsfilter
BeskrivelseTest av
klokkemodell og
filtreUtilsiktet
forstyrrelse

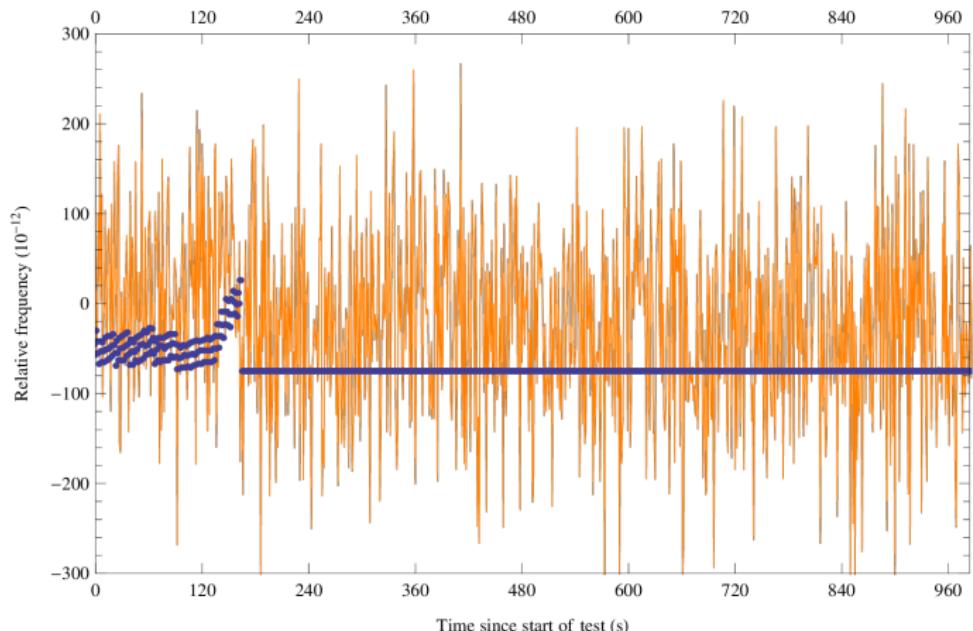
Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi

Test av klokkemodell og filtre

Observasjon

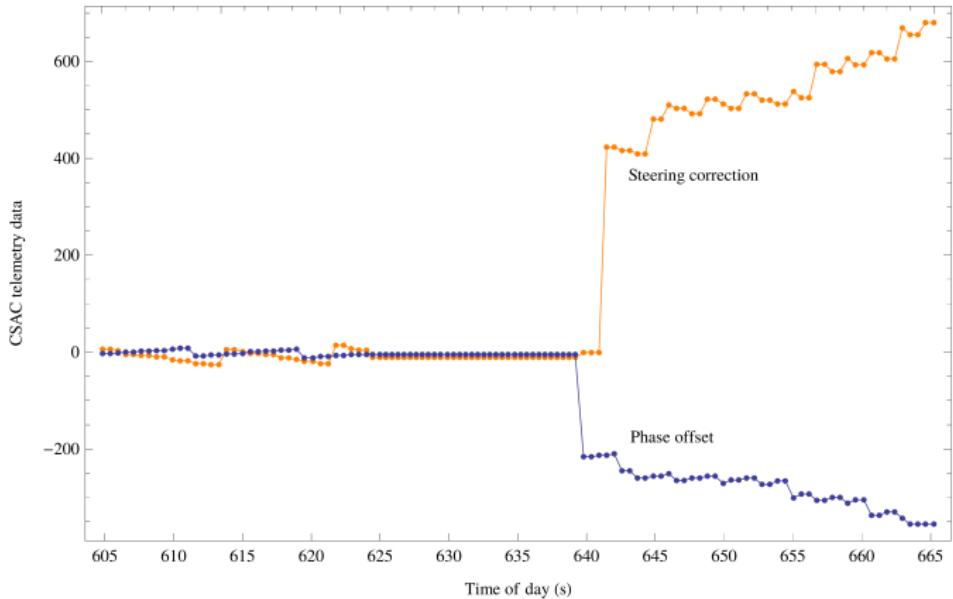


Figur: Måleserie gjort under klokkemodell test. Oransje er relativ frekvensforskjell mellom klokke og JVs atomklokker. Blå er relativ frekvenskorreksjon målt av klokka

Utilsiktet forstyrrelse

Spoof proof GPS timing

A. Schultzen



Figur: Måleserie gjort under utilsiktet forstyrrelse. «Phase offset» (blå) er i nanosekunder. «Steering correction» (oransje) er i 10^{-12}

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Uf ordninger og trusler

Referansetrusselen

D deteksjon og mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokke modell
Filtre
Sensor Client/Server

Test av lokasjons- og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av klokke modell og filtre

Utilsiktet forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi

Konklusjon

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

- ▶ Effektiv deteksjon
 - ▶ Vanskelig å spoof to mottakere
 - ▶ God klokke – lite spillerom for narring
- ▶ Effektivitet til Sensor Server arkitekturen.
 - ▶ Lav responstid
 - ▶ Høy stabilitet
 - ▶ Enkel å bygge ut med flere sensorer

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordninger og trusler

Referansetrusselen

Dekeksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Klokkemodell

Filtre

Sensor Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi

Videre arbeid

- ▶ Kommunikasjon med atomklokke
 - ▶ CSAC fastvare problem?
- ▶ Integrasjon av filtre

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Klokkemodell

Filtre

Sensor Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi

Bibliografi I

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkemodell
Filtre
Sensor Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi



Justin Smith.

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cell-Tower.jpg>. CC BY-SA 2.5

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/deed.en>. URL: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/85/Cell-Tower.jpg>.



Kontinuum Engineering og Design Center. URL: <http://ec-continuum.ru/eng/projects/pmu.shtml>.

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Uf ordninger og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Klokkemodell

Filtre

Sensor Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi

Bibliografi II



Mike Peel.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:New_York_Stock_Exchange,_Wall_Street.jpg.

Licenced under CC-BY-SA-4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.en>. URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/58/New_York_Stock_Exchange%2C_Wall_Street.jpg.



Daniel P. Shepard, Todd E. Humphreys og Aaron A. Fansler. "Evaluation of the Vulnerability of Phasor Measurement Units to GPS Spoofing Attacks". I: (2012).



Symmetricom. *SA.45s CSAC Data sheet*. <http://www.chronos.co.uk/files/pdfs/mic/sa.45s.pdf>. Accessed: 2-7-2015.