

Spoof proof GPS timing

A detection and mitigation system for GPS time spoofing

A. Schultzen¹

¹Institutt for informatikk
Universitetet i Oslo

10. 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 server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilisiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

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 server

Test av lokasjons- og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av klokkemodell og filtre

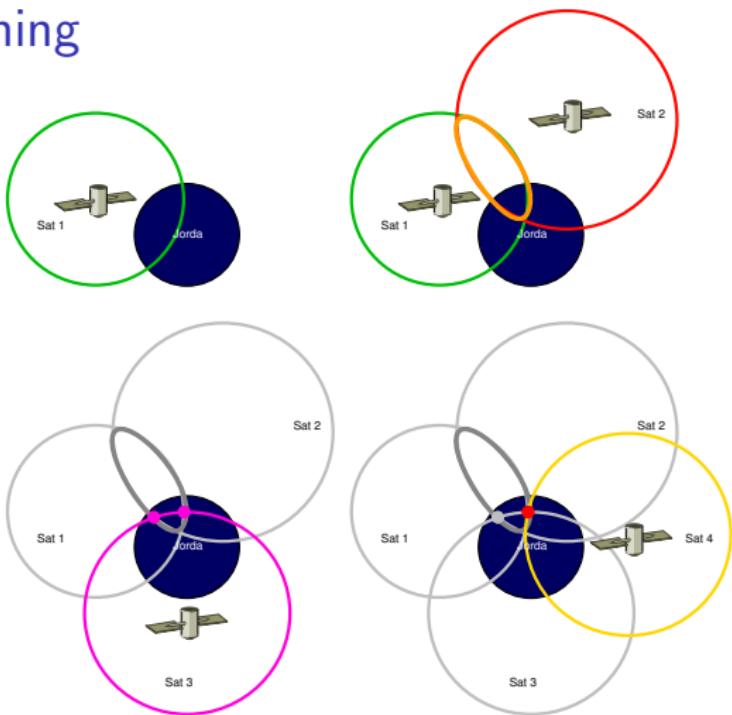
Observasjon

Observasjon: Utilisket forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

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

Dektekjøring og
mottiltak

Fleire GPS mottakere

En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Klokkekemodell

Filtre

Sensor server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkekemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utiltsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

GPS timing: Anvendelse

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Uf ordninger og trusler

Referansetrusselen

Dek sjon og
mottiltak

Fle GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkekmodell
Filtre
Sensor server

Test av lokasj-
on og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkekmodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikt
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid



Figur: PMU [2]

Figur: Mobil mast
[1]



Figur: Wall Street
[3]

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

Flere GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkemodell
Filtre
Sensor server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

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
Klokkekemodell
Filtre
Sensor server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkekemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utiltsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

LORENZO FRANCESCHI-BICCHIERAI SECURITY 07.19.12 5:32 PM

GPS HIJACKING CATCHES FEDS, DRONE MAKERS OFF GUARD

SPOOFING GPS AND GETTING YOUR OWN UAV

July 1, 2012 by Brian Benchoff



SEPTEMBER 3, 2015

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

Iran–U.S. RQ-170 incident

From Wikipedia, the free encyclopedia

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

US spy drone hijacked with GPS spoof hack,
report says

Electronic warfare comes of age – in Iran



Social Share - What's Trending

WE DECLARE THE GRANDMASTER OF POKEMON GO GPS CHEATS

July 26, 2016 by Mike Szczys

47 Comments



FARE

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

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere

En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Klokkemodell

Filtre

Sensor server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstiktet
forstyrrelse

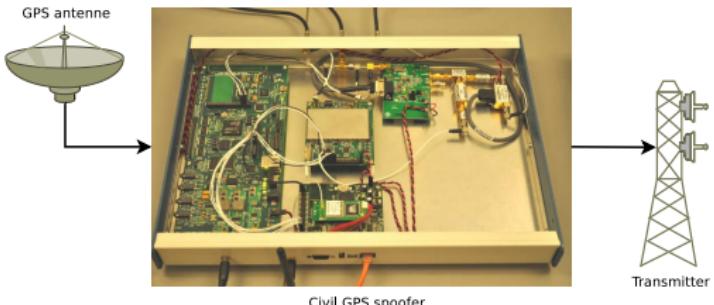
Konklusjon

Videre arbeid

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 server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkekmodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

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 server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilisket
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

- ▶ Sammenlikne kjent posisjon mot løst.
- ▶ Bruke flere GPS-mottakere.
- ▶ Bruke god klokke for vurdering av tidsløsning.
 - ▶ Også 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
Klokkekemodell
Filtre
Sensor server

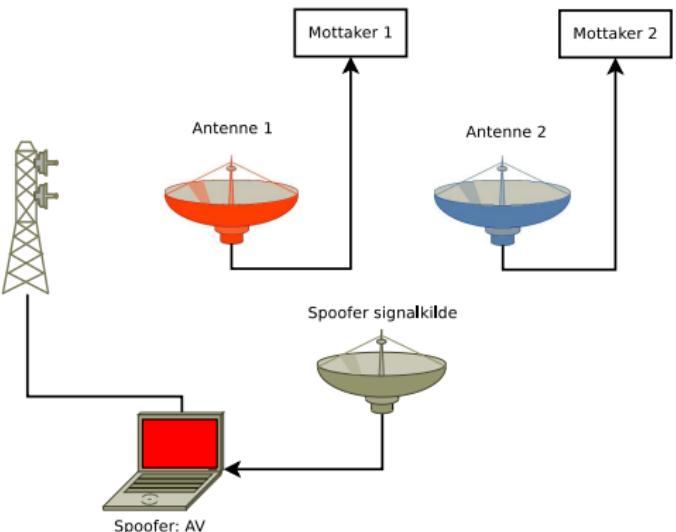
Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkekemodell og
filtre
Observasjon

Observasjon:
Utilisiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid



Figur: Spoofing deteksjon med to antenner

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 server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

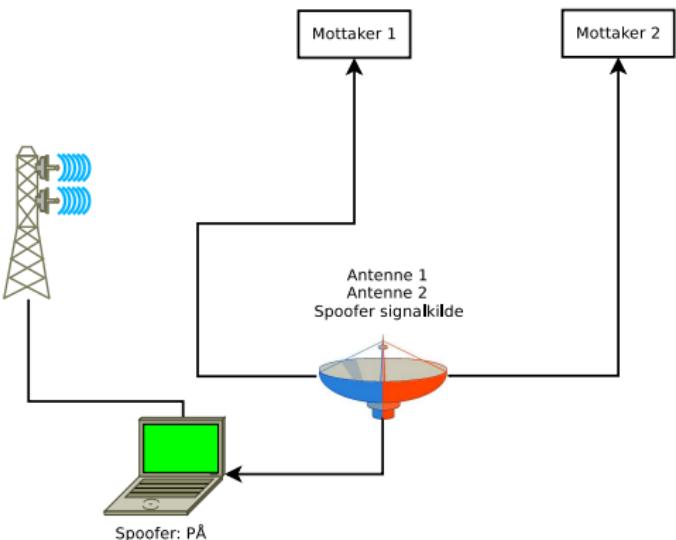
Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid



Figur: Spoofing deteksjon med to antenner

En god klokke

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

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



Figur: Symmetricom SA.45s CSAC [5]

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Dekeksjon og mottiltak

Flere GPS mottakere

En god klokke

System implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Klokkemodell

Filtre

Sensor server

Test av lokasjons- og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av klokkemodell og filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

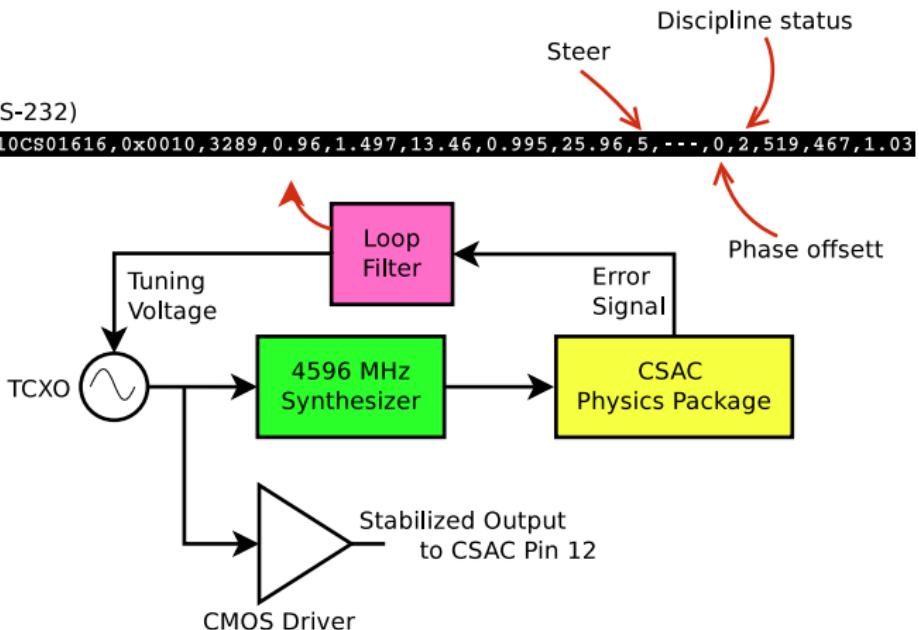
En god klokke

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

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

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Uf ordninger og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkekemodell
Filtre
Sensor server

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkekemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikt
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Ønsket funksjonalitet

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

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

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Klokkemodell

Filtre

Sensor server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
forstyrrelse

Konklusjon

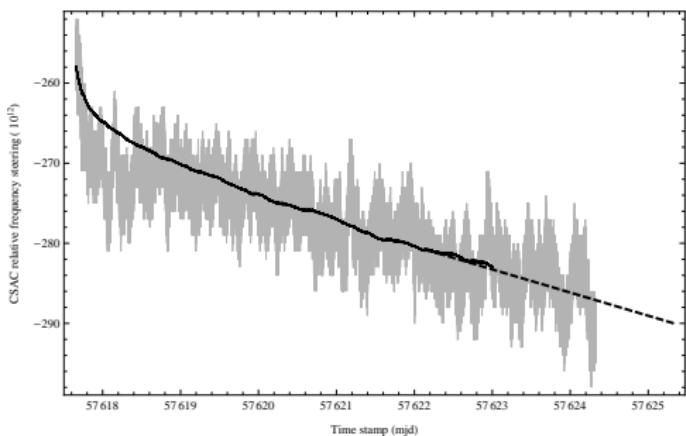
Videre arbeid

Klokkestyring

Spoof proof GPS timing

A. Schultzen

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



Figur: CSAC styringskorreksjon, fra klokke og predikert.

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og mottiltak

Flere GPS mottakere
En god klokke

System implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkestyring
Filtre
Sensor server

Test av lokasjon- og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av klokkestyring og hastighetsfilter

OBS:

Observasjon:
Utilstikket
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Filtre

- ▶ Lokasjon og hastighet
- ▶ Fasehopp
- ▶ Frekvenskorreksjon

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 server

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilisiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Sensor server: Idé

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
Klokkekemodell
Filtre
Sensor server

Test av lokasjons- og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av klokkekemodell og filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid



+



=

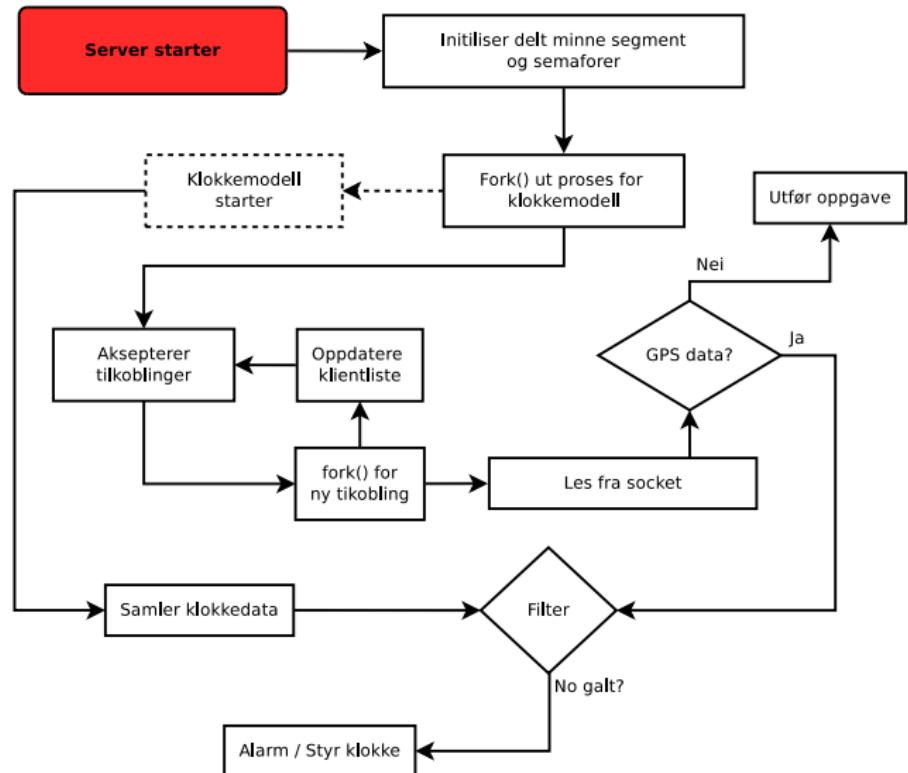


Sensor

Sensor server: Arkitektur

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen



Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utvordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokjemodell
Filtre
Sensor server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokjemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilisert
forstyrrelse

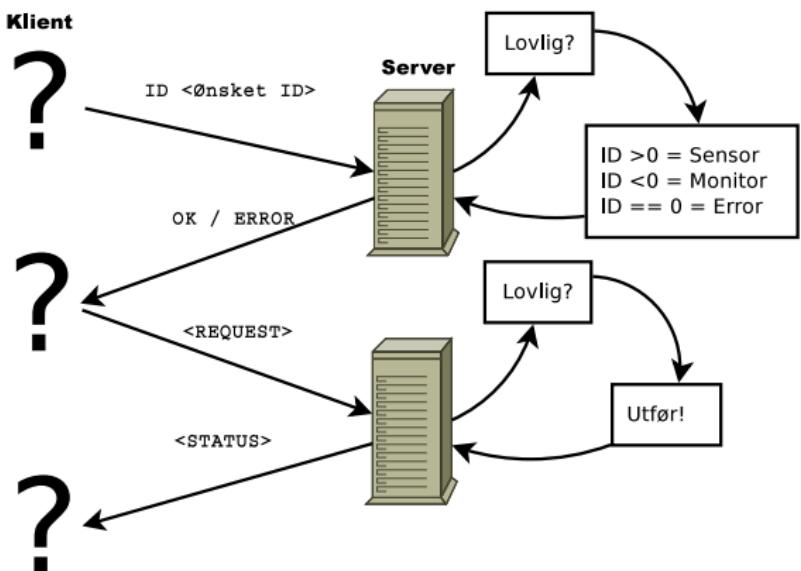
Konklusjon

Videre arbeid

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
Klokkekemodell
Filtre
Sensor server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkekemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
forstyrrelse

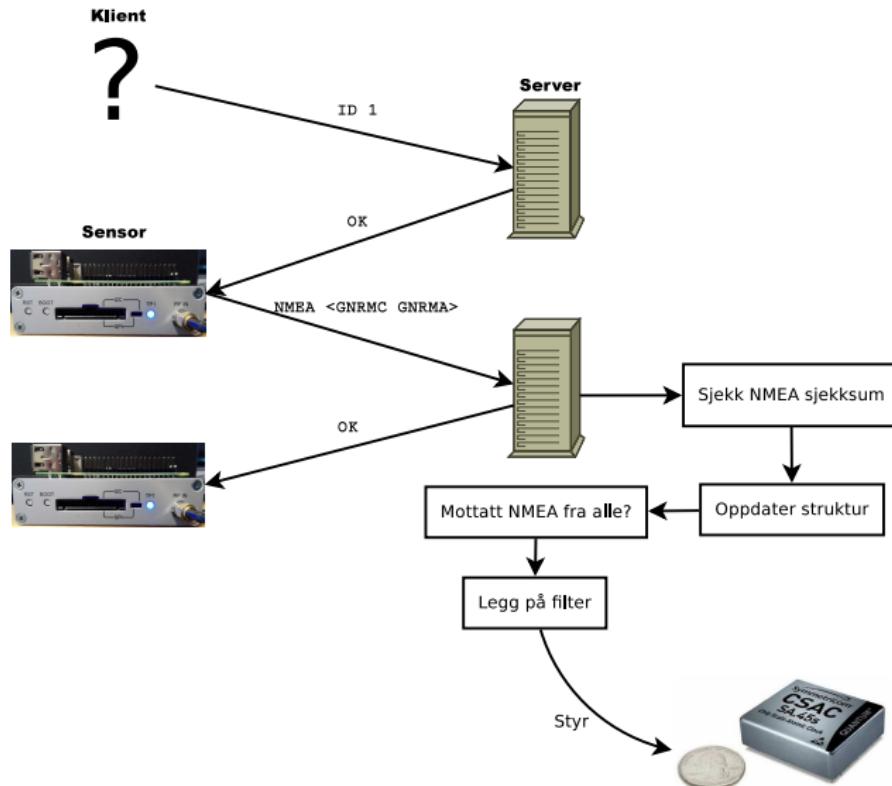
Konklusjon

Videre arbeid

Kommunikasjon: GPS data

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 server

Test av lokasjon- og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av klokkemodell og filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket forstyrrelse

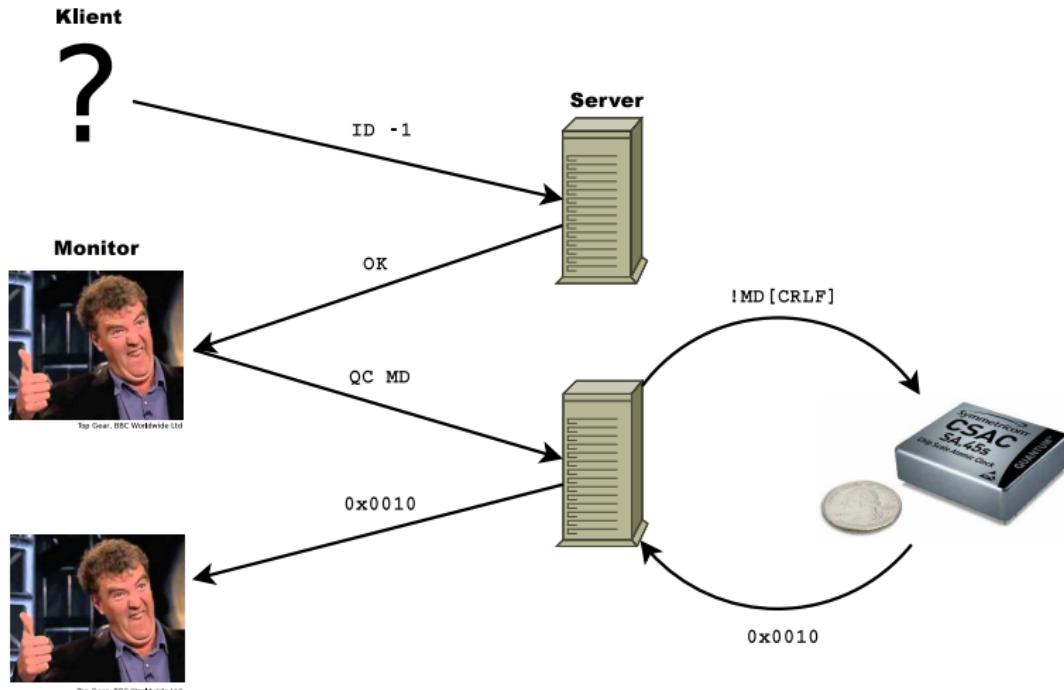
Konklusjon

Videre arbeid

Kommunikasjon: Interaksjon

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

Filtre

Sensor server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
forstyrrelse

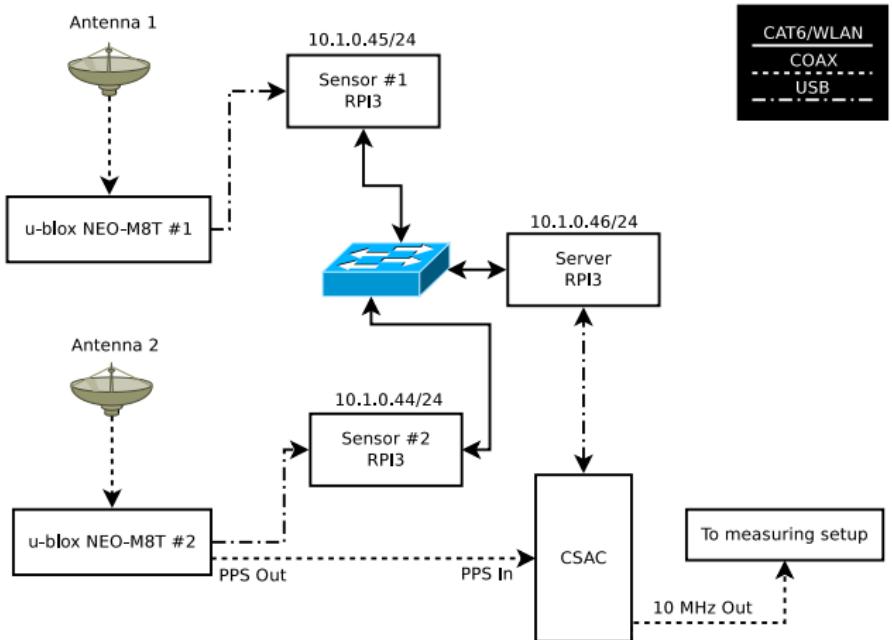
Konklusjon

Videre arbeid

Oppsett

Spoof proof GPS timing

A. Schultzen



Figur: Oppsett av server og klienter under test

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkekemodell
Filtre
Sensor server

Test av lokasjon og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av klokkekemodell og filtre

Observasjon

Observasjon:

Utiltsiktet

førstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Oppsett

Spoof proof GPS timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Dekselasjon og mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkekemodell
Filtre
Sensor server

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

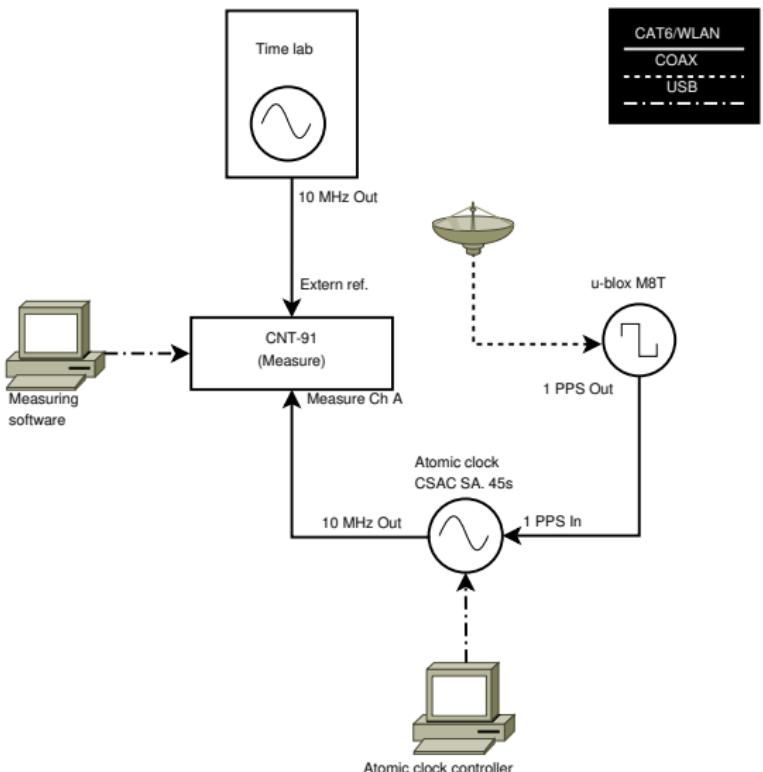
Test av
klokkekemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid



Figur: Oppsett av måleutstyr

Oppsett

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Dektekasjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkekemodell
Filtre
Sensor server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkekemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

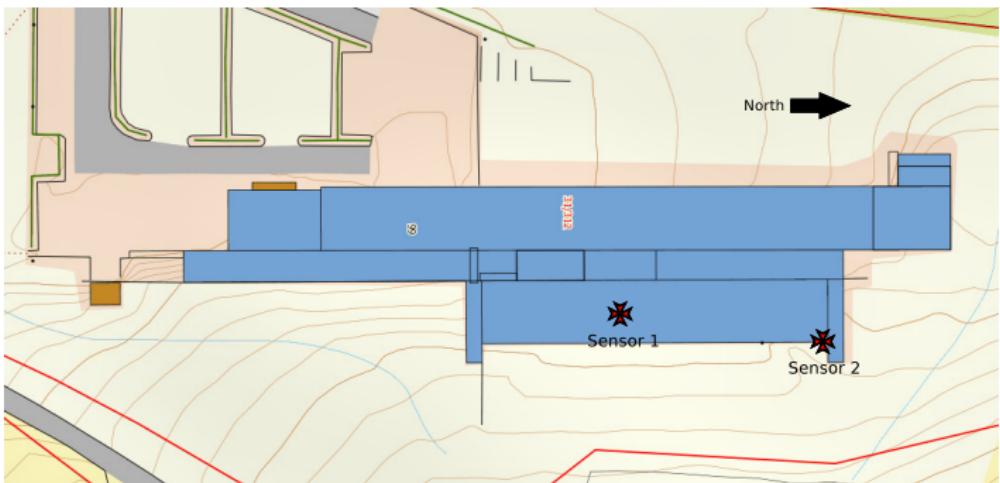


Figur: Oppsett av måleutstyr

Oppsett: plassering av mottakere

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen



Figur: Plasseringen av GPS-mottakere

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Uf ordninger og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkekemodell
Filtre
Sensor server

Test av lokasj-
on og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkekemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikt
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Utførelse

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

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Uf ordninger og trusler

Referansetrusselen

Dtek sjon og
mottiltak

Fle GPS mottakere

En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Klokkemodell

Filtre

Sensor server

Test av lokasj-
on og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilisket
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

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 server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Observasjon

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

- ▶ Ingen falske positive
- ▶ GPS log korrelerer
- ▶ Server log korrelerer
- ▶ Frekvensmåling korrelerer

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordninger og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere

En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Klokkemodell

Filtre

Sensor server

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilisket
forstyrrelse

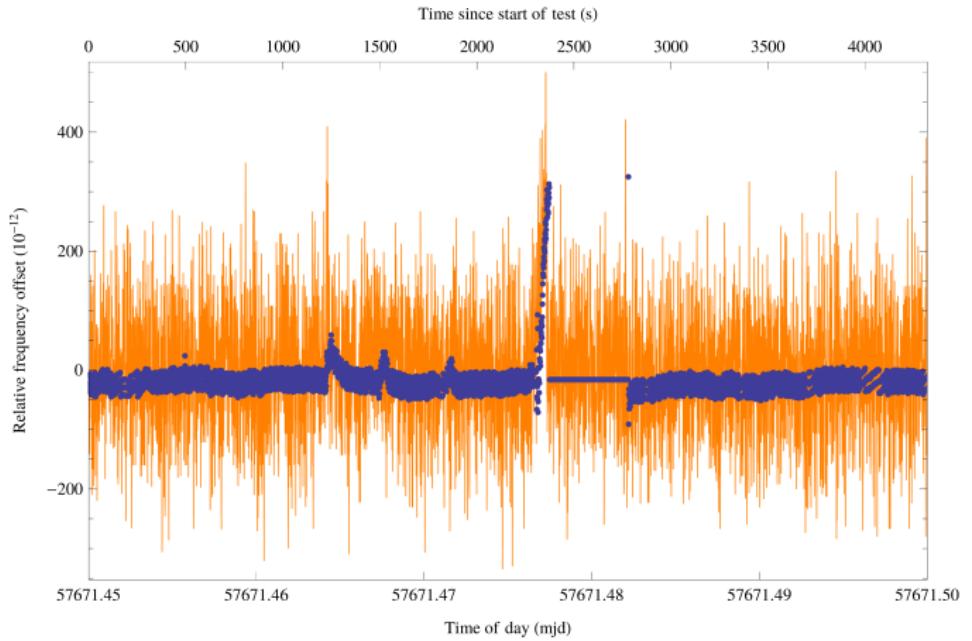
Konklusjon

Videre arbeid

Observasjon: Målesystem

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen



Figur: Måleserie gjort under test av lokasjon og hastighetsfilter

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordninger og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkekemodell
Filtre
Sensor server

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkekemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

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

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Dekeksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Klokkestyring

Filtre

Sensor server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkestyring og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Utførelse

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

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Dekeksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Klokkemodell

Filtre

Sensor server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Observasjon

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

- ▶ Ingen falske positive
- ▶ GPS log korrelerer
- ▶ Server log korrelerer
- ▶ Frekvensmåling korrelerer

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordninger og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere

En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Klokkemodell

Filtre

Sensor server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilisket
forstyrrelse

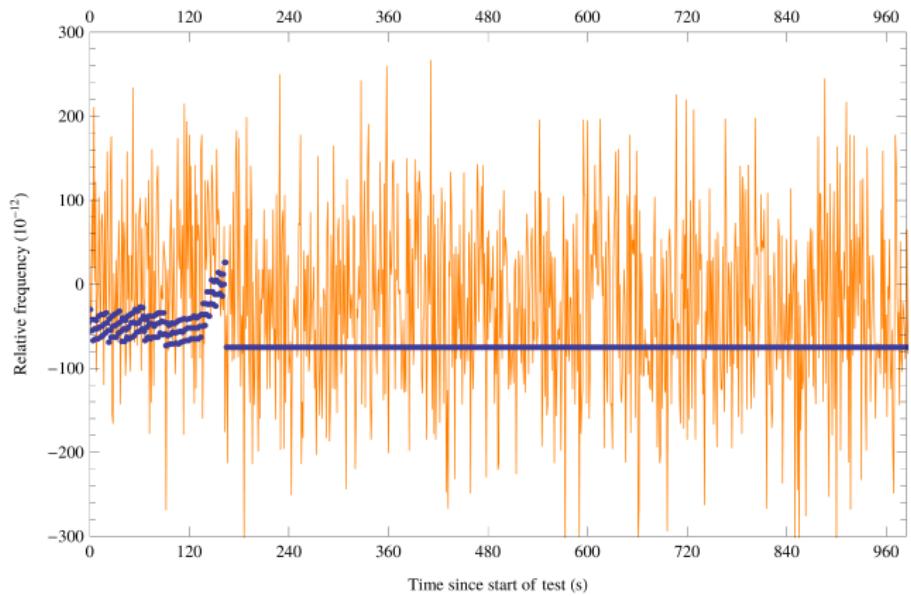
Konklusjon

Videre arbeid

Observasjon

Spoof proof GPS timing

A. Schultzen



Figur: Måleserie gjort under klokkestasjonstest

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Uf ordninger og trusler

Referansetrusselen

Dektekjøn og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkestasjon
Filtre
Sensor server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkestasjon
og filtre

Observasjon

Observasjon:
Utiltsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Observasjon: Utilsiktet

Spoof proof GPS timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Uf ordninger og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkekemodell
Filtre
Sensor server

Test av lokasjons- og hastighetsfilter
Beskrivelse

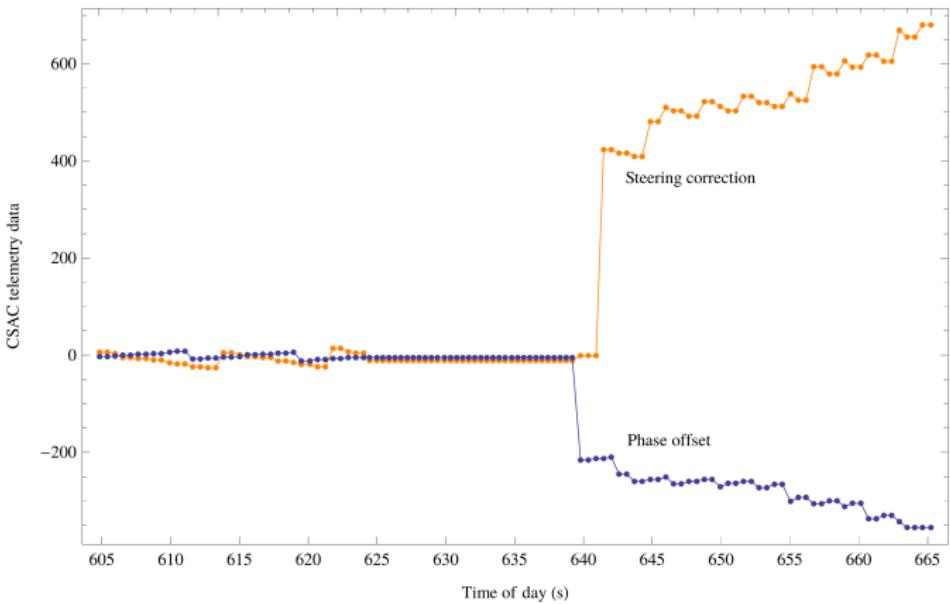
Test av klokkekemodell og filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid



Figur: Måleserie gjort under utilsiktet forstyrrelse

Vi har demonstrert:

- ▶ At en fullt fungerende *spoof proof atomic clock controller* ville ha vært i stand til å stå imot et angrep utført med en sofistikert GPS spoofer slik som *The Civil GPS spoofer*.
- ▶ Nåværende implementasjonen evne til å detektere en forstyrrelse av GPS signaler og en begrenset evne til å begrense skaden av nevnte forstyrrelse.
- ▶ Effektivitet til Sensor server arkitekturen.
 - ▶ Lav responstid
 - ▶ Høy stabilitet
 - ▶ Enkel å bygge ut med flere sensorer

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Uf ordninger og trusler

Referansetrusselen

Dtek sjon og
mottiltak

Fle GPS mottakere

En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Klokke modell

Filtre

Sensor server

Test av lokasj-
on og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokke modell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilisitet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

- ▶ Kommunikasjon med atomklokke
 - ▶ Fastvare problem?
- ▶ Integrasjon av filtre

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Klokkemodell

Filtre

Sensor server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

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
Klokkekemodell
Filtre
Sensor server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkekemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid



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

D deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkekemodell
Filtre
Sensor server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkekemodell og
filtre
Observasjon

Observasjon:
Utiltsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

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,_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.