

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

Dektekjøn og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell
Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Introduksjon

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

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

Introduksjon

GPS timing
Anvendelse
Utfordringer og trusler
Referansetrusselen

Dekeksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere
En god klokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Sensor server
arkitektur
Klokkemodell
Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

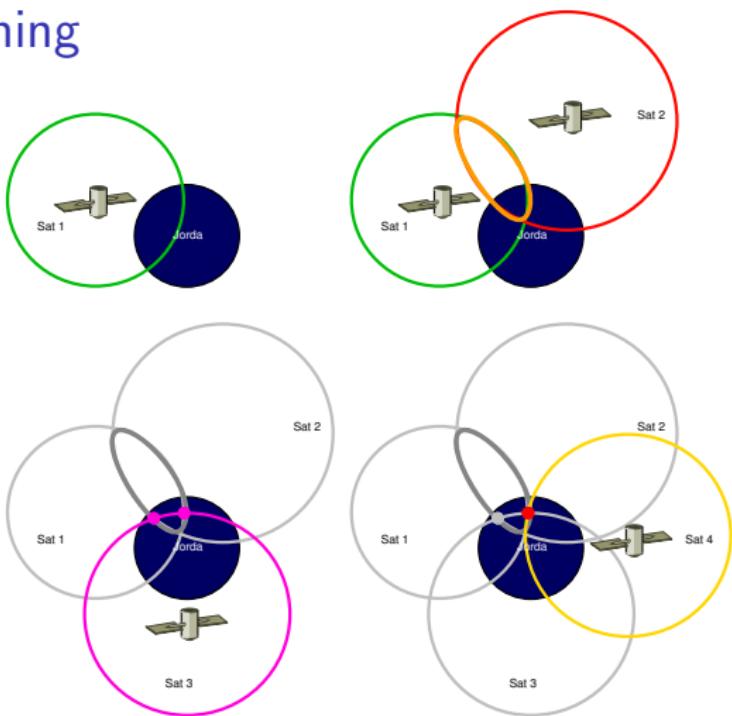
Observasjon

Observasjon:
Utilsiktet
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

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilskitt
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

GPS timing: Anvendelse

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen



Figur: PMU [2]

Figur: Mobilmast
[1]



Figur: Wall Street
[3]

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere
En god klokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Sensor server
arkitektur
Klokkemodell
Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

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

Dekeksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere
En god klokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell
Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Utfordringer og trusler

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere
En god klokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell
Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

LORENZO FRANCESCHI-BICCHIERAI SECURITY 07.18.12 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



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

Flere GPS mottakere

En god klokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilsiktet
forstyrrelse

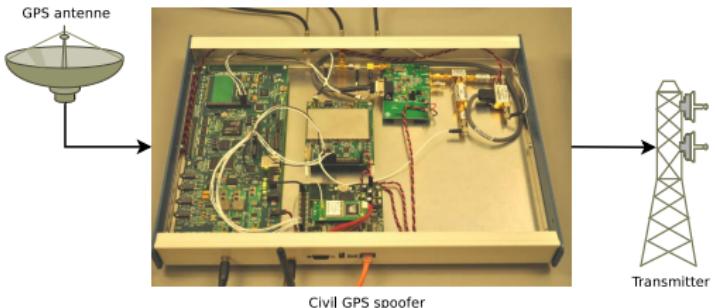
Konklusjon

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

Utvordringer og trusler

Referansetrusselen

Dekeksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere

En god klokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilskittet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Deteksjon og mottiltak

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordninger og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

En god klokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilsiktet
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

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

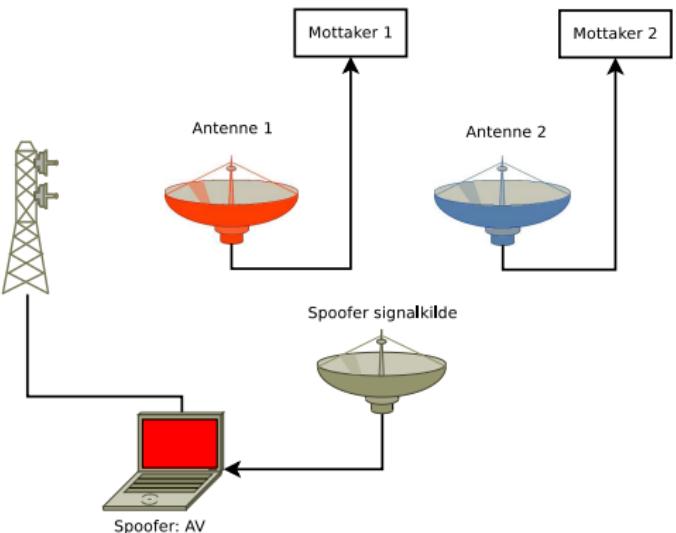
Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilskitt
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

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

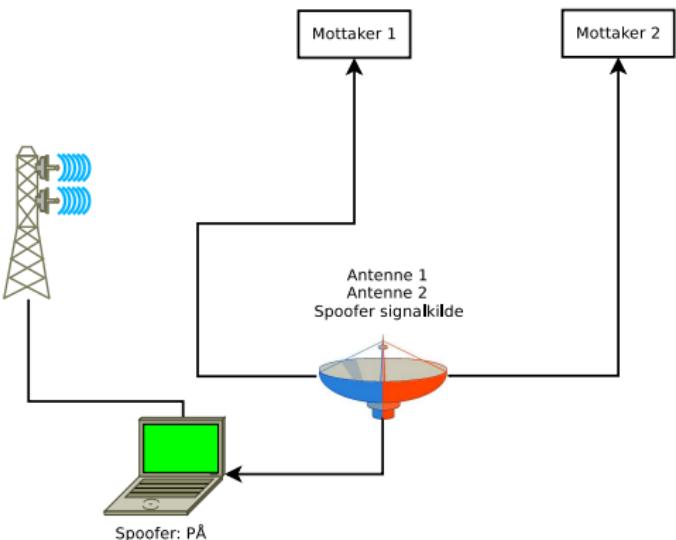
Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilskitt
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

Uf ordninger og trusler

Referansetrusselen

Dekksjon og mottiltak

Flere GPS mottakere

En god klokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjons- og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av klokkemodell og filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

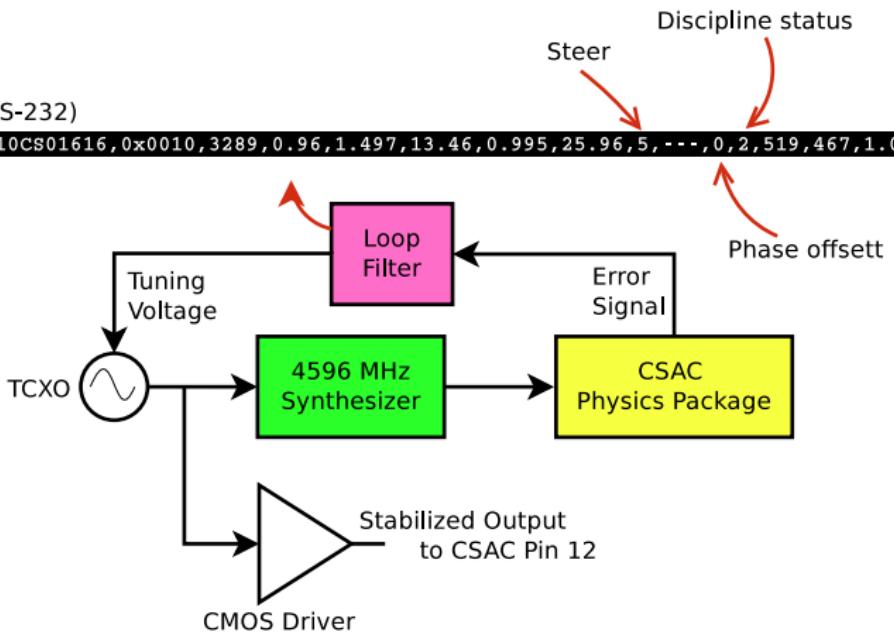
En god klokke

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
mottak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Sensor server
arkitektur
Klokkekemodell
Filtre

Test av lokasj-
on 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

Utfordninger og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

En god klokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Sensor server arkitektur ide

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Ufordiner og trusler

Referansetrusselen

Deksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell
Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilskitt
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid



<https://www.ublox.com/en/product/evk-m8>



<https://www.raspberrypi.org/>



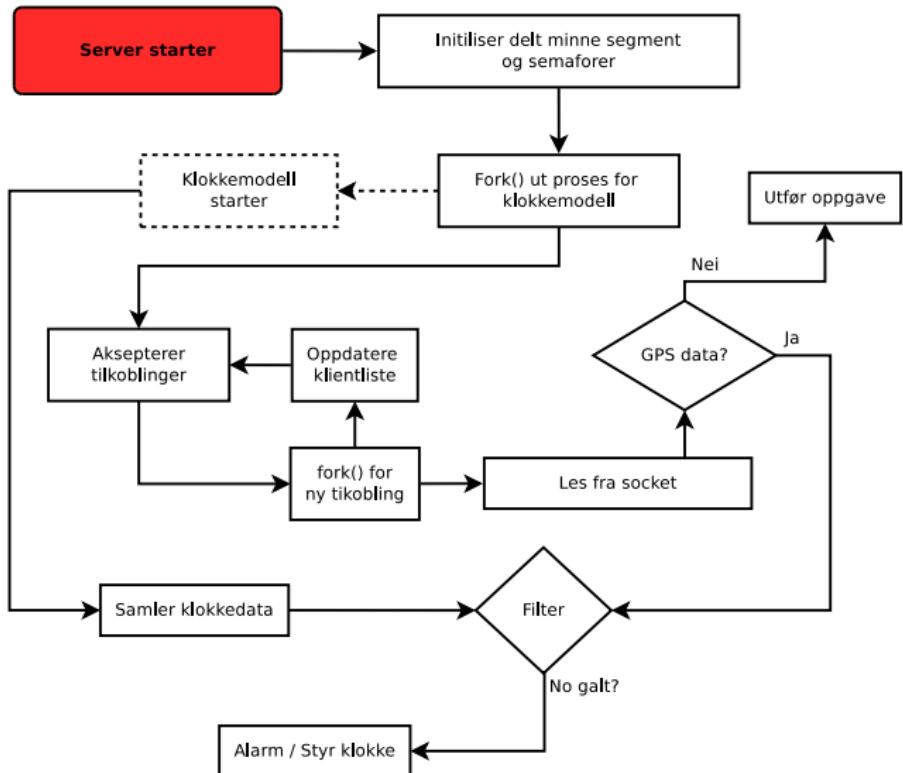
Sensor



Sensor server arkitektur

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen



Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokke modell

Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokke modell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilskitt
forstyrrelse

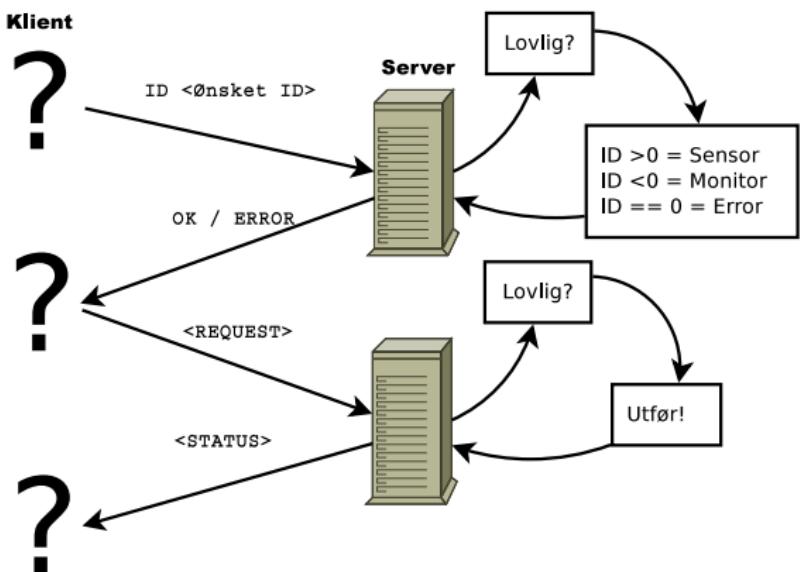
Konklusjon

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

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell
Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilsiktet
forstyrrelse

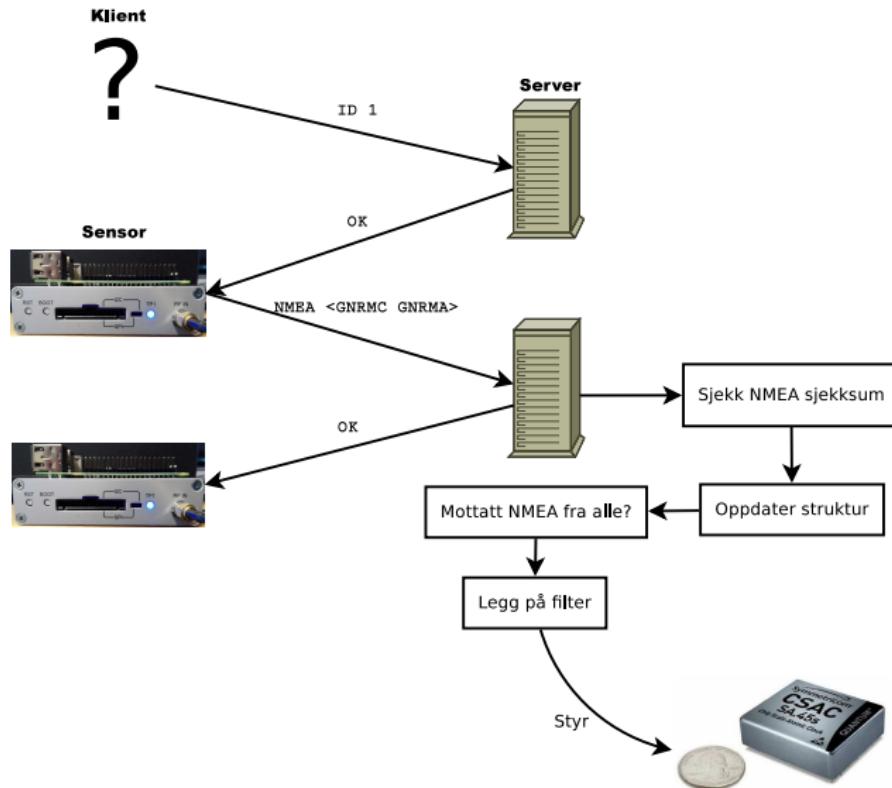
Konklusjon

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

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Sensor server arkitektur
Klokkemodell
Filtre

Test av lokasjons- og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av klokkemodell og filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilskitt
forstyrrelse

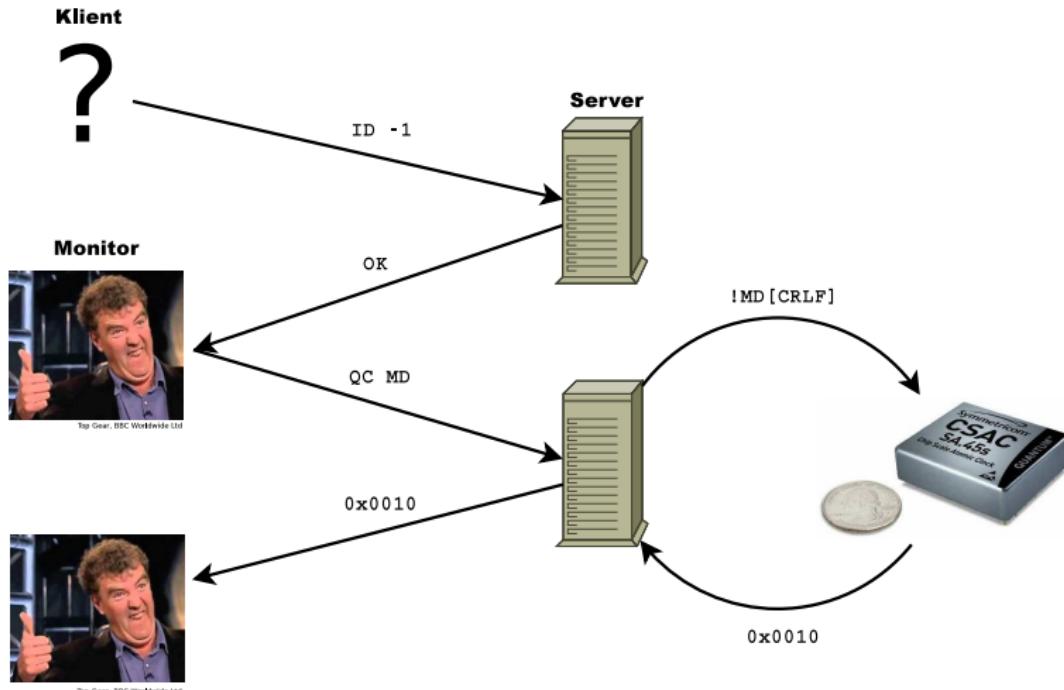
Konklusjon

Videre arbeid

Kommunikasjon: Interaksjon

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen



Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Sensor server
arkitektur
Klokkemodell
Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre
Observasjon

Observasjon:
Utilskitt
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Klokkestørrelse

Spoof proof GPS timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Uf ordninger og trusler

Referansetrusselen

Dektekjøn og mottiltak

Flere GPS mottakere
En god klokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Sensor server arkitektur
Klokkestørrelse
Filtre

Test av lokasjons- og hastighetsfilter
Beskrivelse

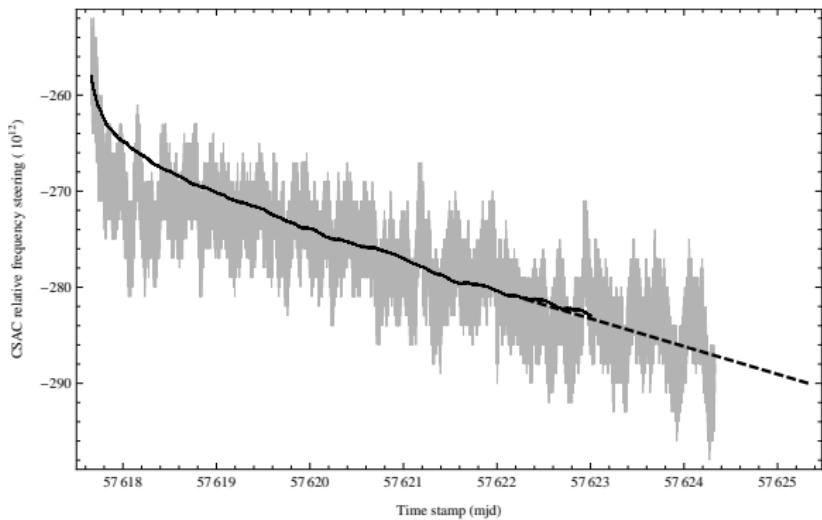
Test av klokkestørrelse og filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilskitt
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid



Figur: CSAC styringskorrektsjon, fra klokke og predikert.

- ▶ Lokasjon og hastighet
- ▶ Fasehopp
- ▶ Frekvenskorreksjon

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordninger og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

En god klokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Oppsett

Spoof proof GPS timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og mottiltak

Flere GPS mottakere

En god klokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjons- og hastighetsfilter

Beskrivelse

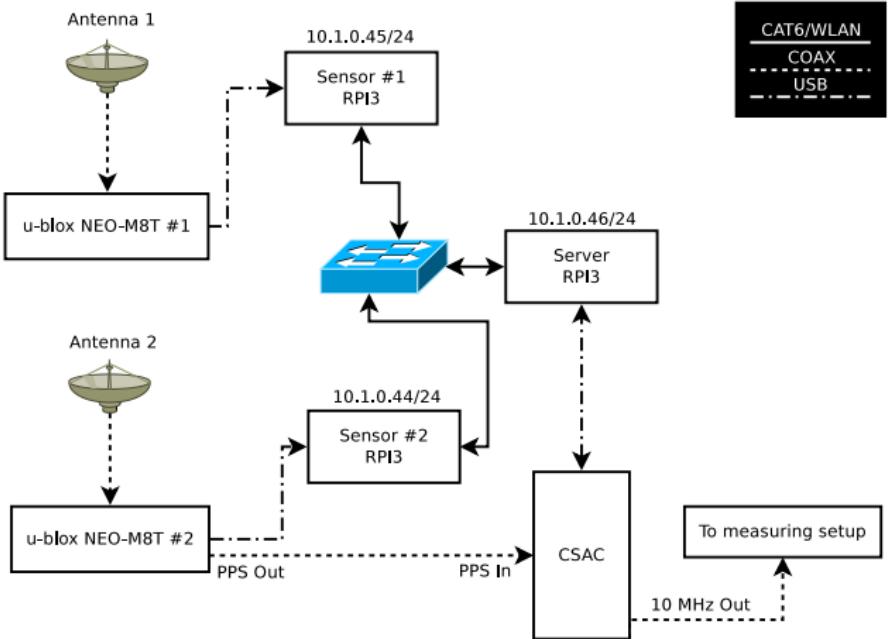
Test av klokkemodell og filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilskitt
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid



Figur: Oppsett av server og klienter under test

Oppsett

Spooft proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Dektekjøn og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Sensor server
arkitektur
Klokkekemodell
Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

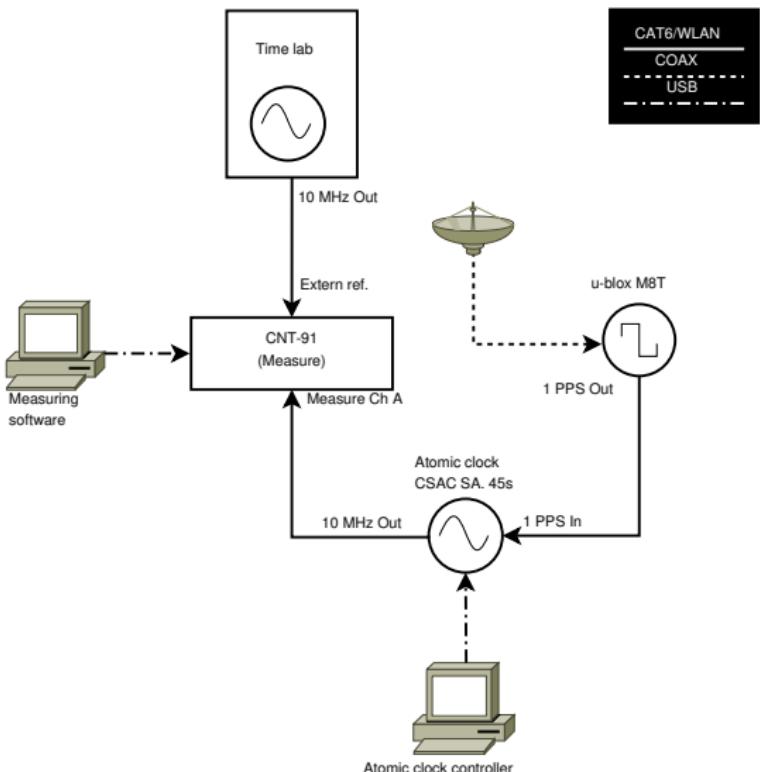
Test av
klokkekemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilskitt
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid



Figur: Oppsett av måleutstyr

Oppsett

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Dekeksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilskiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

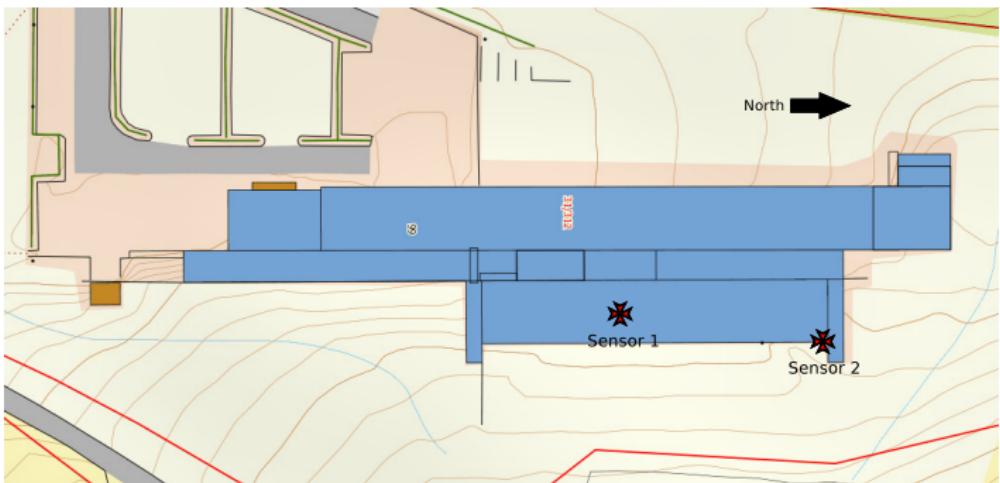


Figur: Oppsett av måleutstyr

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

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikt
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

- ▶ 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

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Uf ordninger og trusler

Referansetrusselen

Dtek sjon og
mottiltak

Fle GPS mottakere

En god klokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilskitt
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

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell
Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Observasjon

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

Spoof proof GPS timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordninger og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og mottiltak

Flere GPS mottakere

En god klokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjons- og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av klokkemodell og filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilsiktet
forstyrrelse

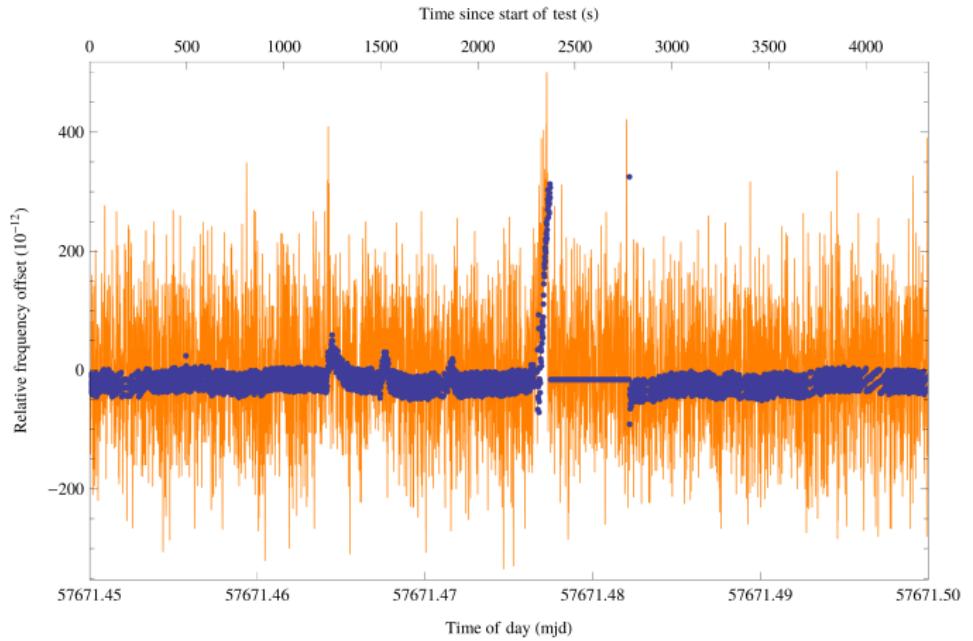
Konklusjon

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

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Sensor server arkitektur
Klokkemodell
Filtre

Test av lokasjons- og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av klokkemodell og filtre
Observasjon

Observasjon:
Utilskitt
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

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkestyring

Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkestyring
og filter

Observasjon

Observasjon:
Utilstikt
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

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikt
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

Flere GPS mottakere
En god klokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Sensor server
arkitektur
Klokkemodell
Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilsiktet
forstyrrelse

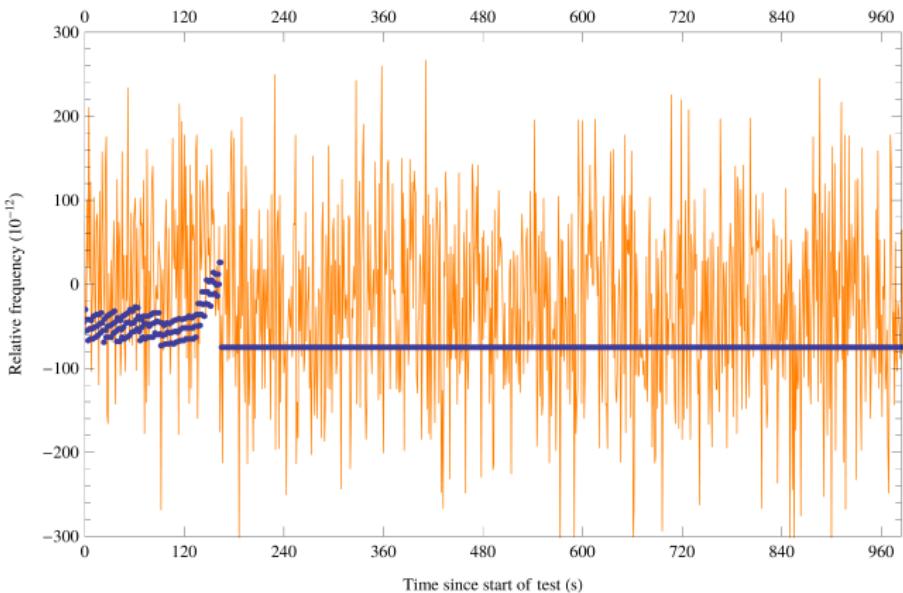
Konklusjon

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

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Sensor server arkitektur
Klokkestasjon
Filtre

Test av lokasjons- og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av klokkestasjon og filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilskitt
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Observasjon: Utilsiktet

Spoof proof GPS timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Uf ordninger og trusler

Referansetrusselen

Dektek sjon og mottiltak

Fle re GPS mottakere
En god klokke

Implementasj on

Ønsket funksjonalitet
Sensor server arkitektur
Klokke modell
Filtre

Test av lokasj on- og hastighetsfilter
Beskrivelse

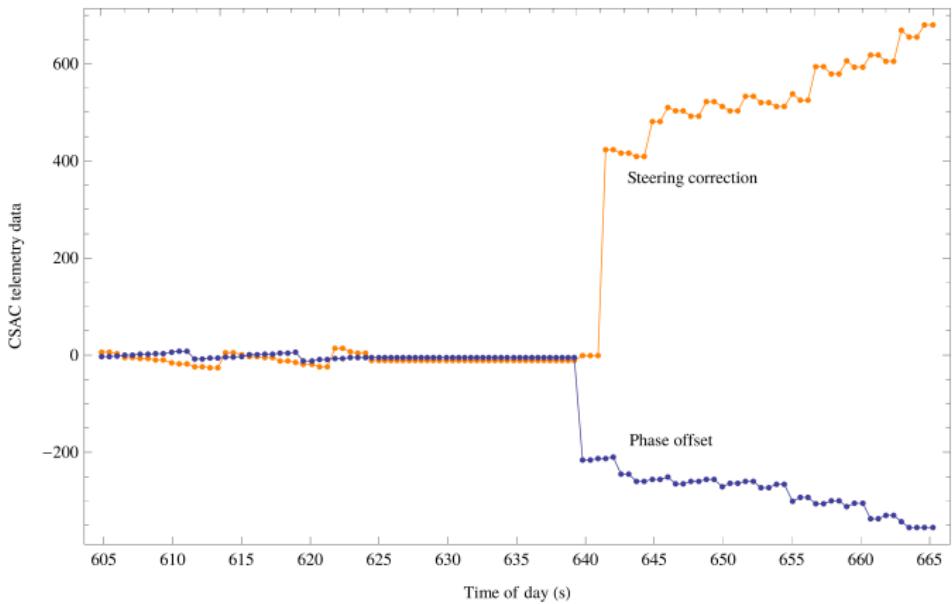
Test av klokke modell og filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid



Figur: Måleserie gjort under utilsiktet forstyrrelse

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Uf ordninger og trusler

Referansetrusselen

Deksjon og mottiltak

Fle GPS mottakere

En god klokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasj- on og hastighetsfilter Beskrivelse

Test av klokkemodell og filtre

Observasjon

Observasjon: Utilskitt forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Konklusjon

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

Videre arbeid

- ▶ Kommunikasjon med atomklokke
 - ▶ 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

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Bibliografi I

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Dtekasjon og
mottiltak

Fle GPS mottakere
En god klokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Sensor server
arkitektur
Klokkemodell
Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilskittet
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

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell
Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilskitt
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.