

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

Referansestrussen

Dekeksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
Referansekklokke

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

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
Referansestrusselen

Dekeksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere
Referansekklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Sensor server
arkitektur
Klokkestasjon
Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkestasjon og
filtre

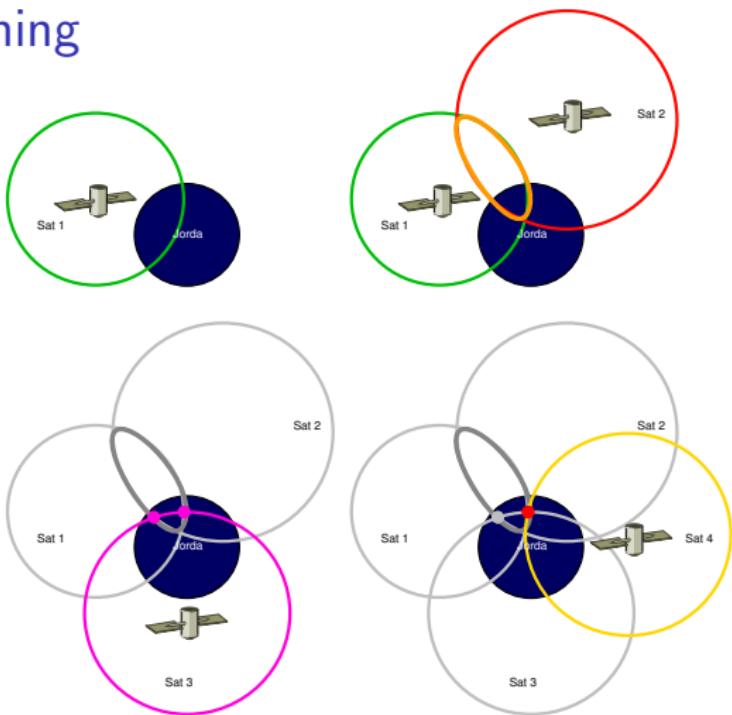
Observasjon

Observasjon:
Utilstikt
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

Referansestrussen

Dektekjøring og
mottiltak

Flere GPS mottakere

Referansekklokk

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkekmodell

Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkekmodell 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

Referansestrussen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere
Referansekkloke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Sensor server
arkitektur
Klokkekemodell
Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkekemodell 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

Referansestrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere
Referansekklokke

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

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

Iran–U.S. RQ-170 incident

From Wikipedia, the free encyclopedia

An Lockheed Martin RQ-170 Sentinel unmanned aerial UAV 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



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 Szczyz

47 Comments

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansestrusselen

Dektekjøn og
mottiltak

Flere GPS mottakere
Referansekklokket

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkekmodell
Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkekmodell og
filtre
Observasjon

Observasjon:
Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid



FARE

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

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansestrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilsiktet
forstyrrelse

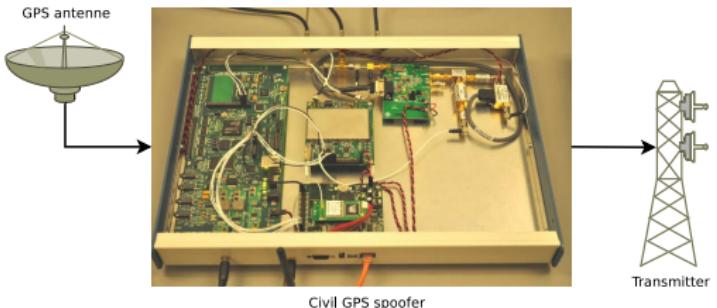
Konklusjon

Videre arbeid

Referansestrusselen

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

Referansestrusselen

Dekeksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere
Referansekklokkene

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkekmodell

Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkekmodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilskittet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Deteksjon og mottiltak

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansestrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere
Referansekklokkene

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Sensor server
arkitektur
Klokkestrek
Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkestrek modell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikt
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

- ▶ Bruke flere GPS mottakere med kjent posisjon og hastighet.
- ▶ Gode klokker – Små korreksjoner.

Flere GPS mottakere og kjent posisjon

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansestrussen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere
Referansekklokk

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Sensor server
arkitektur
Klokkemodell
Filtre

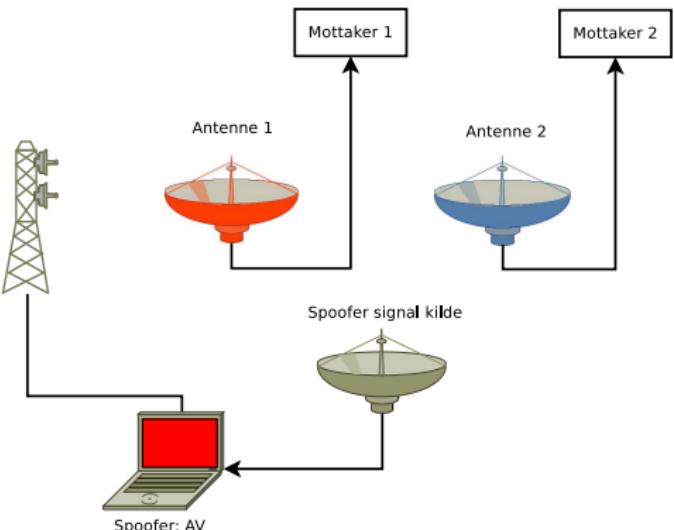
Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

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

Utdringar og trusler

Referansestruselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

Referansekklokkene

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

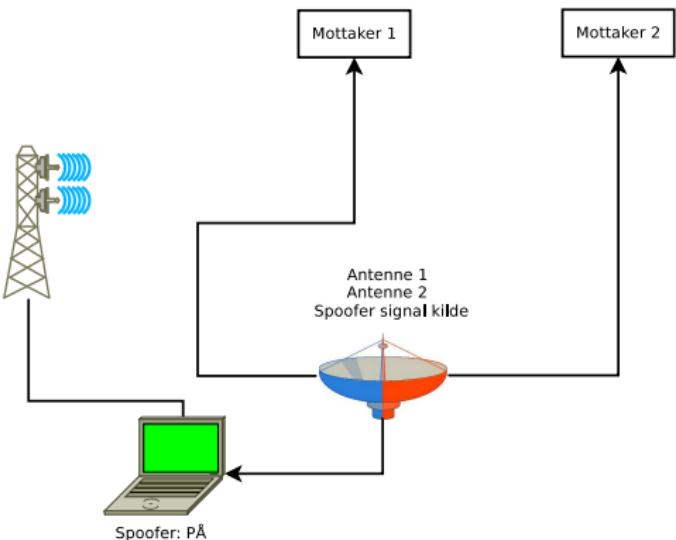
Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilskitt
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid



Figur: Spoofing deteksjon med to antenner

Referanseklokke

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

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



Figur: Symmetricom SA.45s
CSAC

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansestrussen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere
Referanseklokke

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

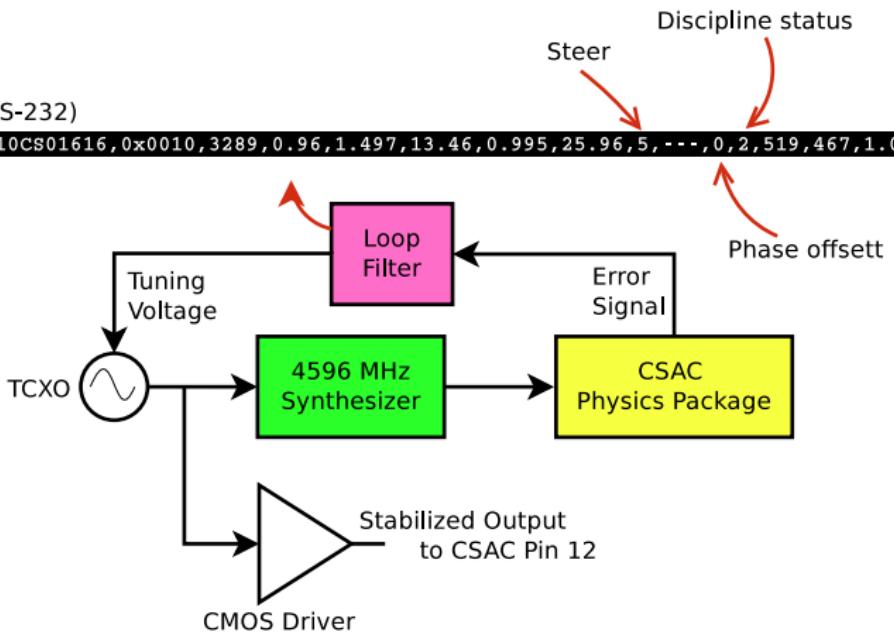
Referanseklokke

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

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og mottiltak

Flere GPS mottakere
Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Sensor server arkitektur
Klokkekemodell
Filtre

Test av lokasjons- og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av klokkekemodell og filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket 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

Referansestrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

Referansekklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

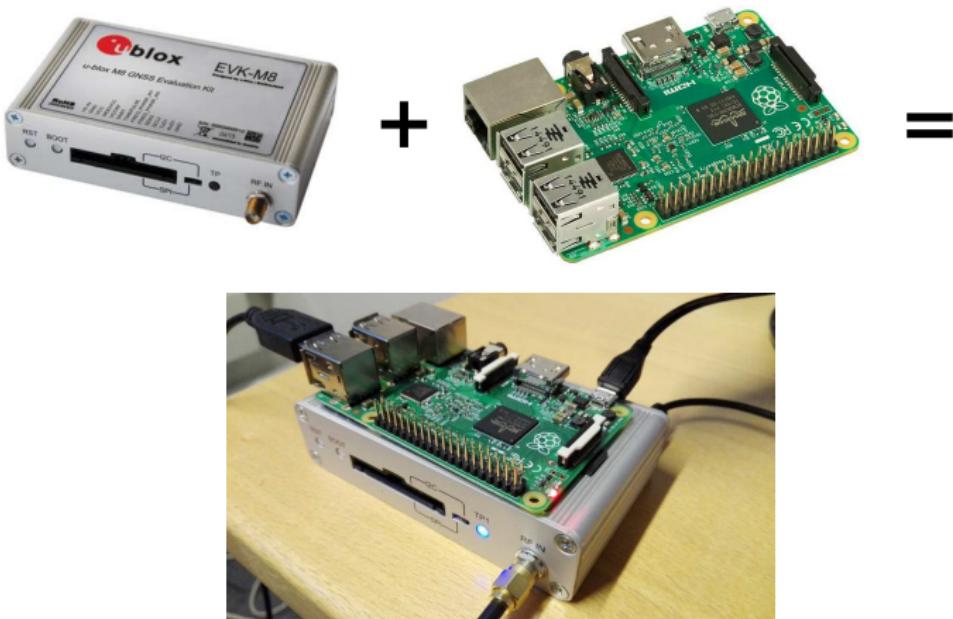
Observasjon

Observasjon:
Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Sensor server arkitektur ide



(Sensor)

Spoof proof GPS timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordninger og trusler

Referansestrussen

Dektekjøn og mottiltak

Fleire GPS mottakere

Referansekklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server arkitektur

Klokkekemodell

Filtre

Test av lokasjons- og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av klokkekemodell og filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilskitt
forstyrrelse

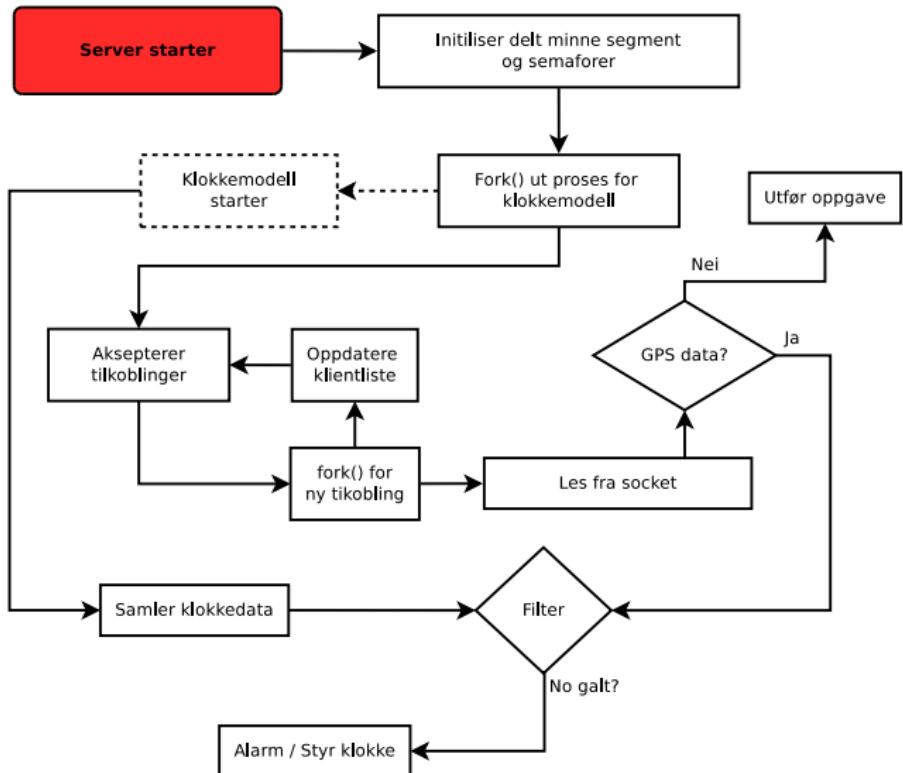
Konklusjon

Videre arbeid

Sensor server arkitektur

Spooft proof GPS
timing

A. Schultzen



Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utvordringer og trusler

Referansetrusselen

Dektekjøn og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
Referansekkloke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

KlokkeModell

Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkeModell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilskiktet
forstyrrelse

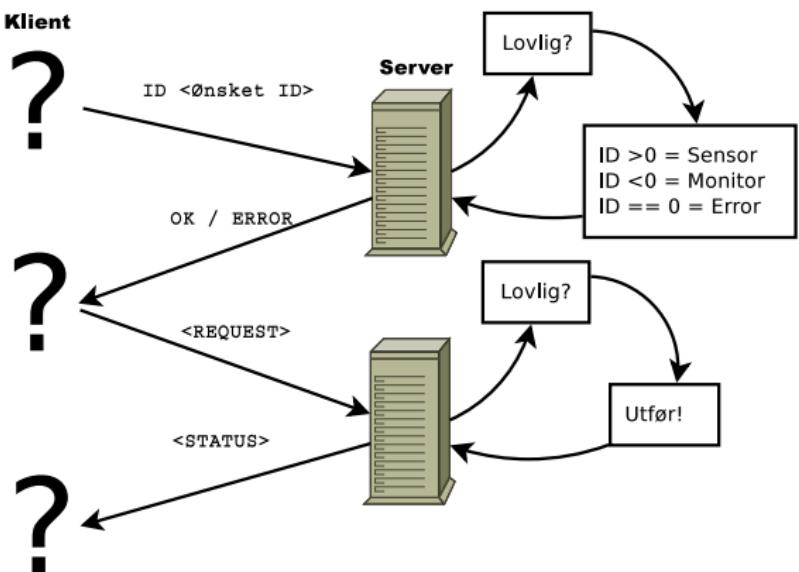
Konklusjon

Videre arbeid

Kommunikasjon: Roller

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen



Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansestrussen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere
Referansekklokket

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell
Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilsiktet
forstyrrelse

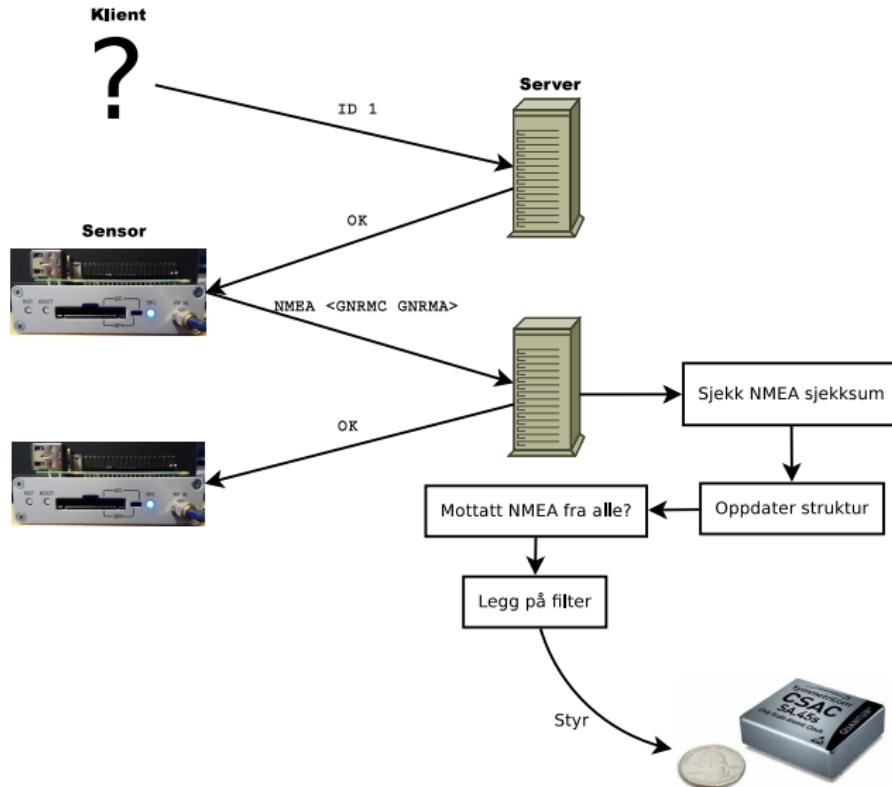
Konklusjon

Videre arbeid

Kommunikasjon: GPS data

Spoof proof GPS timing

A. Schultzen



Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansestrusselen

Deteksjon og mottiltak

Flere GPS mottakere

Referansekklokk

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjons- og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av klokkemodell og filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilskitt
forstyrrelse

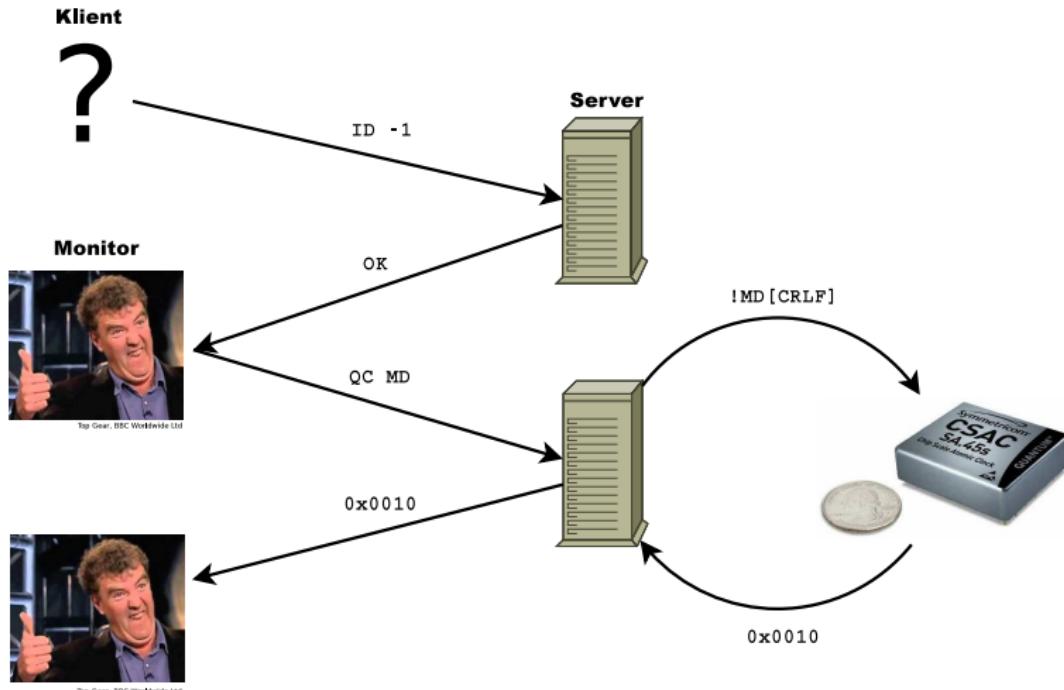
Konklusjon

Videre arbeid

Kommunikasjon: Interaksjon

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen



Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansestrullen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere

Referansekkloke

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

Klokkestørrelse

Spoof proof GPS timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Uf ordninger og trusler

Referansetrusselen

Dektekjøn og mottiltak

Flere GPS mottakere
Referansekklokkene

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Sensor server arkitektur
Klokkestørrelse
Filtre

Test av lokasjons- og hastighetsfilter
Beskrivelse

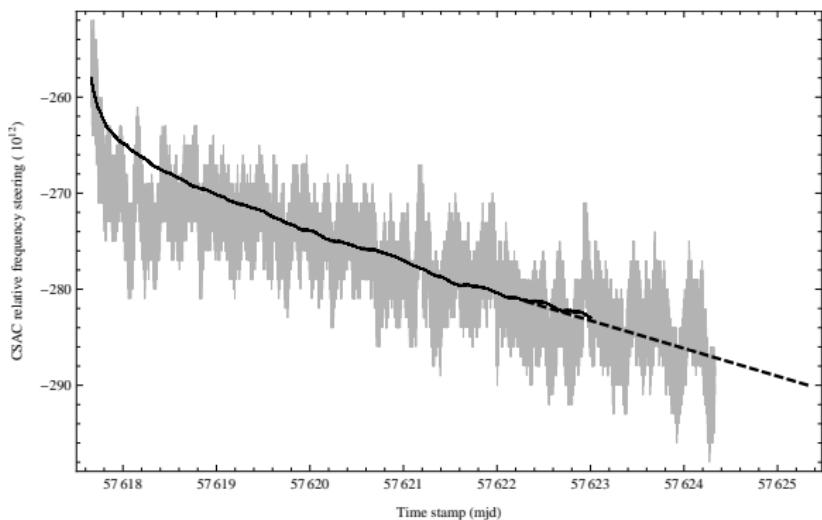
Test av klokkestørrelse og filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilskitt
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid



Figur: CSAC styringskorrektsjon, fra klokke og predikert.

Filtre

- ▶ Lokasjon og hastighet
- ▶ Fasehopp
- ▶ Frekvenskorreksjon

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordninger og trusler

Referansestrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

Referansekklokke

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

Referansestrussen

Deteksjon og mottiltak

Flere GPS mottakere
Referansekklokket

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Sensor server arkitektur
Klokkemodell
Filtre

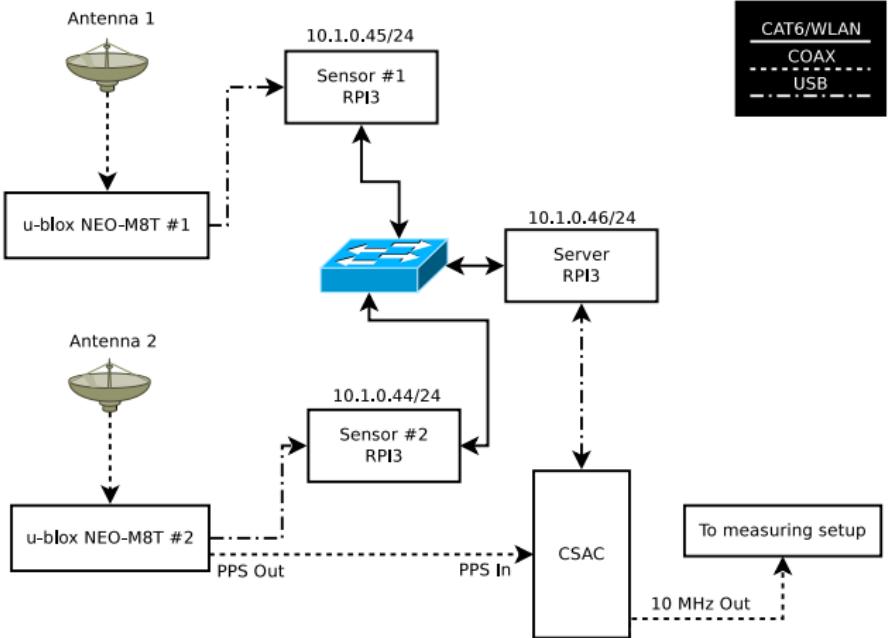
Test av lokasjons- og hastighetsfilter
Beskrivelse

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

Referansestrussen

Dekeksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere
Referansekklokkene

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Sensor server
arkitektur
Klokkemodell
Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

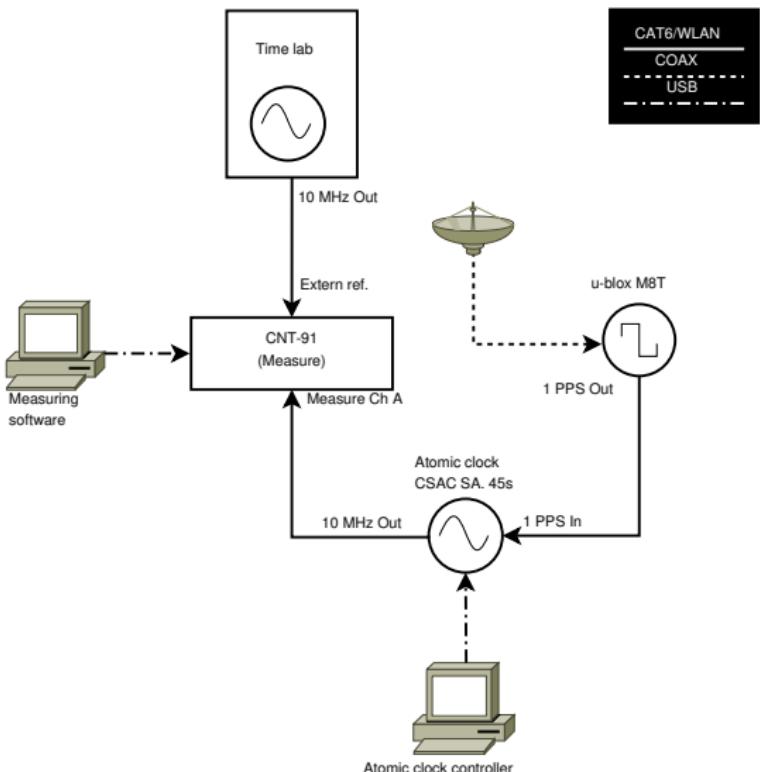
Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilskitt
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid



Figur: Oppsett av måleutstyr

Oppsett

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansestrusselen

Dekselasjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere
Referansekklokkene

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkekemodell

Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkekemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikt
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

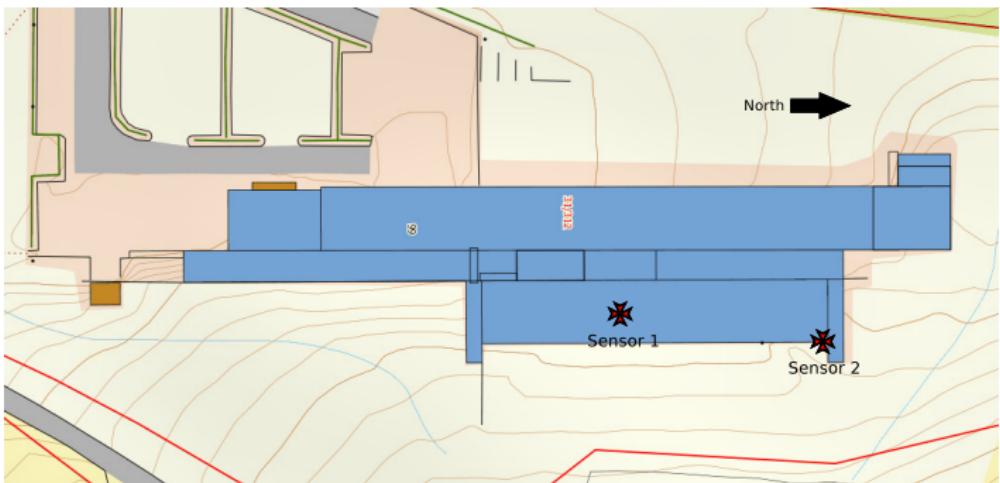


Figur: Oppsett av måleutstyr

Oppsett: plassering av mottakere

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen



Figur: Plasseringen av GPS-mottakere

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Uf ordninger og trusler

Referansestrussen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere
Referansekklokk

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokke modell

Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokke modell 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

Referansestrusselen

Dtek sjon og
mottiltak

Fle GPS mottakere

Referansekklokk

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klok kmodell

Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klok kmodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Util siktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Utførelse

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen



Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansestrussen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

Referansekklokke

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

Referansestrusselen

Deteksjon og mottiltak

Flere GPS mottakere

Referansekklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjons- og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av klokkemodell og filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilsiktet
forstyrrelse

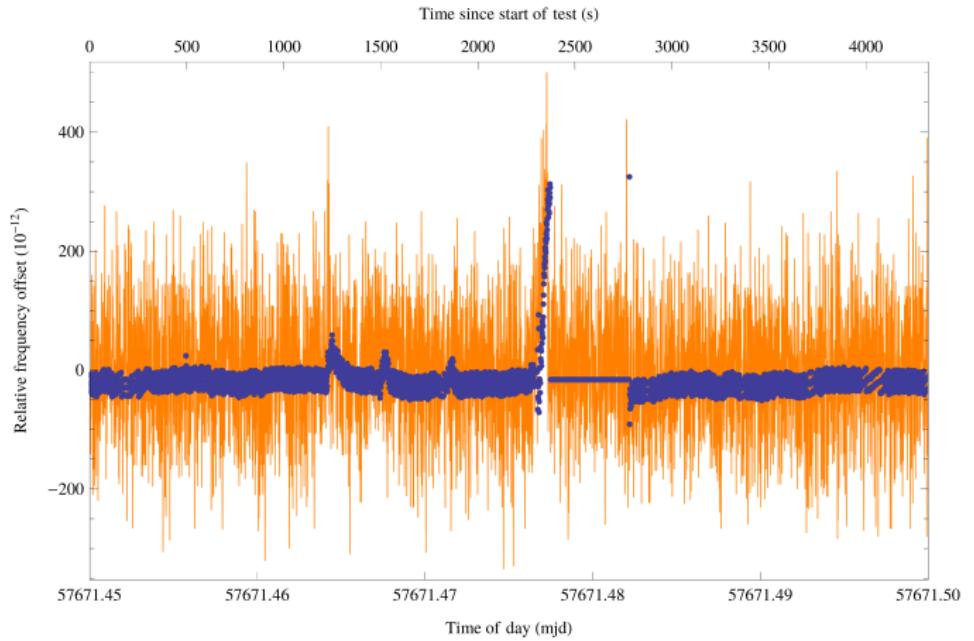
Konklusjon

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

Referansestrussen

Dektekjøn og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
Referansekklokkje

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkekemodell

Filtre

Test av lokasj-
on og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkekemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilskitt
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

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

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansestrusselen

Dekeksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

Referansekkloke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkestyring

Filtre

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkestyring
og
filtre

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

Referansekklokke

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

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

Spoof proof GPS timing

A. Schultzen

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordninger og trusler

Referansestrusselen

Deteksjon og mottiltak

Flere GPS mottakere

Referansekklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server arkitektur

Klokkestasjon

Filtre

Test av lokasjons- og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av klokkestasjon og filtre

Observasjon

Observasjon:

Utilstikt forstyrrelse

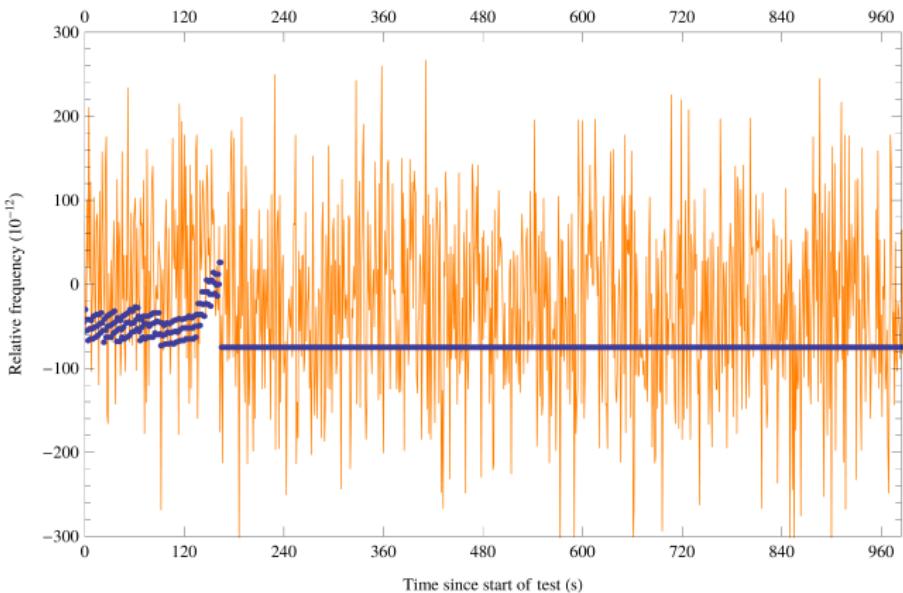
Konklusjon

Videre arbeid

Observasjon

Spoof proof GPS timing

A. Schultzen



Figur: Måleserie gjort under klokkestasjonstest

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Uf ordninger og trusler

Referansestrussen

Dektekjøn og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
Referansekkloke

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

Referansestrusselen

Dektek sjon og mottiltak

Flere GPS mottakere
Referansekklokk e

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Sensor server arkitektur
Klokke modell
Filtre

Test av lokasjons- og hastighetsfilter
Beskrivelse

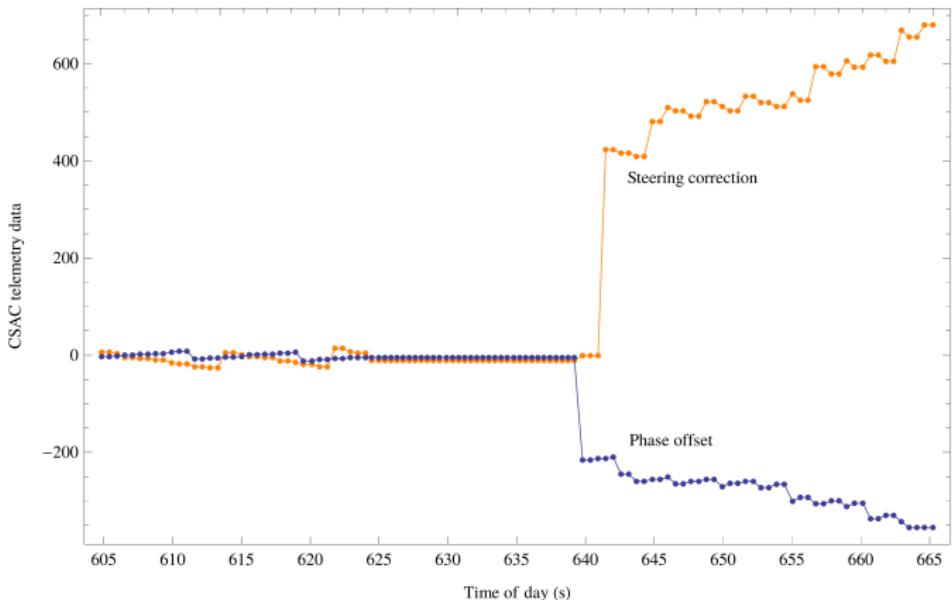
Test av klokke modell og filtre

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

Referansekklokk

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokke modell

Filtre

Test av lokasj- on og hastighetsfilter Beskrivelse

Test av klokke modell 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

Referansekklokke

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

Referansestrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere
Referansekklokke

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



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>.

Bibliografi II

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen



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).

Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Uf ordninger og trusler

Referansestrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
Referansekklokke

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