

Spoof proof GPS timing

A detection and mitigation system for GPS time spoofing

A. Schultzen¹

¹Institutt for informatikk
Universitetet i Oslo

11. 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

Observasjon

Observasjon:
Utilisiktet
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

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

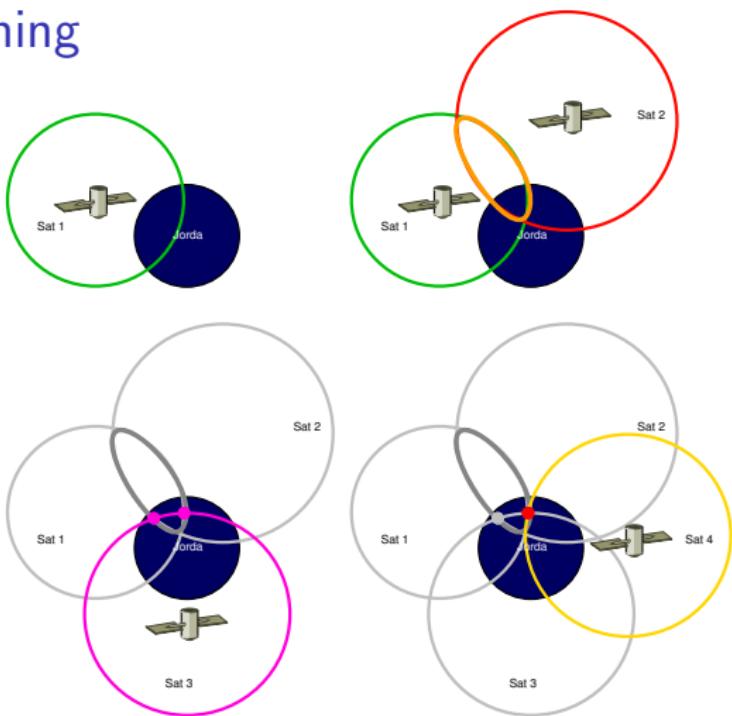
Observasjon

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 Client/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

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkekemodell
Filtre
Sensor Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkekemodell og
filtre
Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid



Figur: PMU [2]

Figur: Mobilmast
[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 Client/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

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

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
En god klokke

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkekemodell
Filtre
Sensor Client/Server

Test av lokasjoner og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av klokkekemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
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

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

Observasjon

Observasjon:
Utilisiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Referansetrusselen

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

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

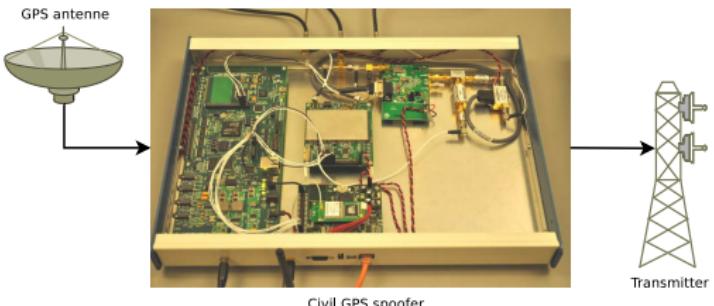
Test av
klokkekmodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilisert
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid



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

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

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 Client/Server

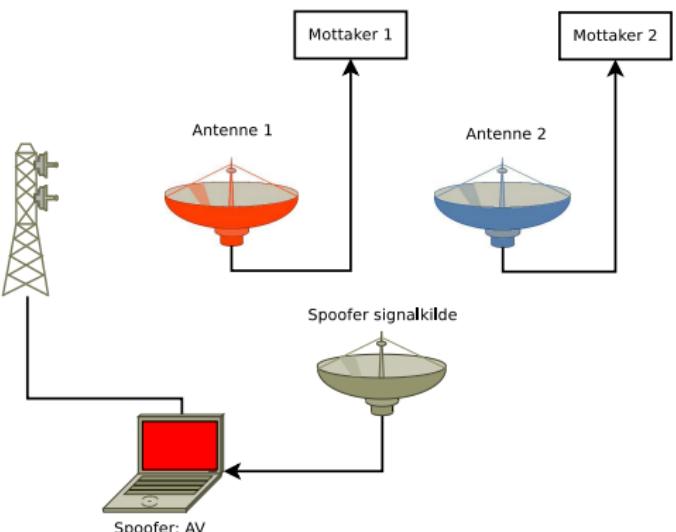
Test av lokasj-
on og hastighetsfilter
Beskrivelse

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 Client/Server

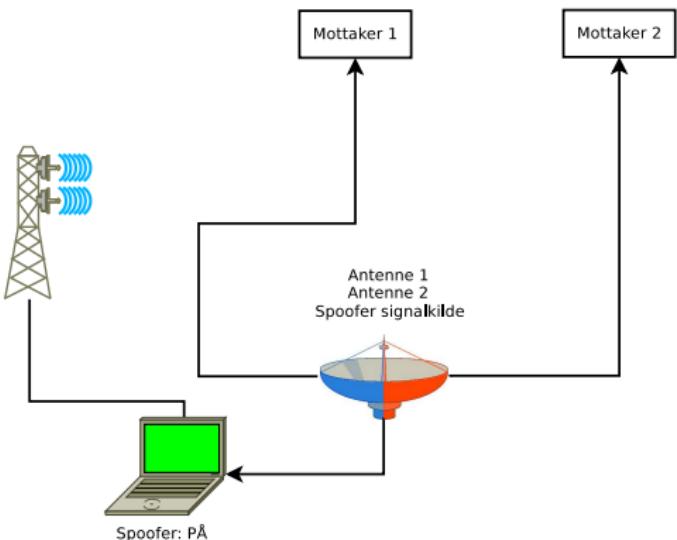
Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre
Observasjon

Observasjon:
Utilisket
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid



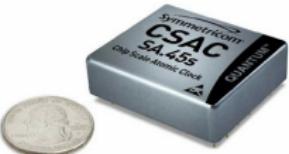
Figur: Spoofing deteksjon med to antenner

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 Client/Server

Test av lokasjons- og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av klokkemodell og filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

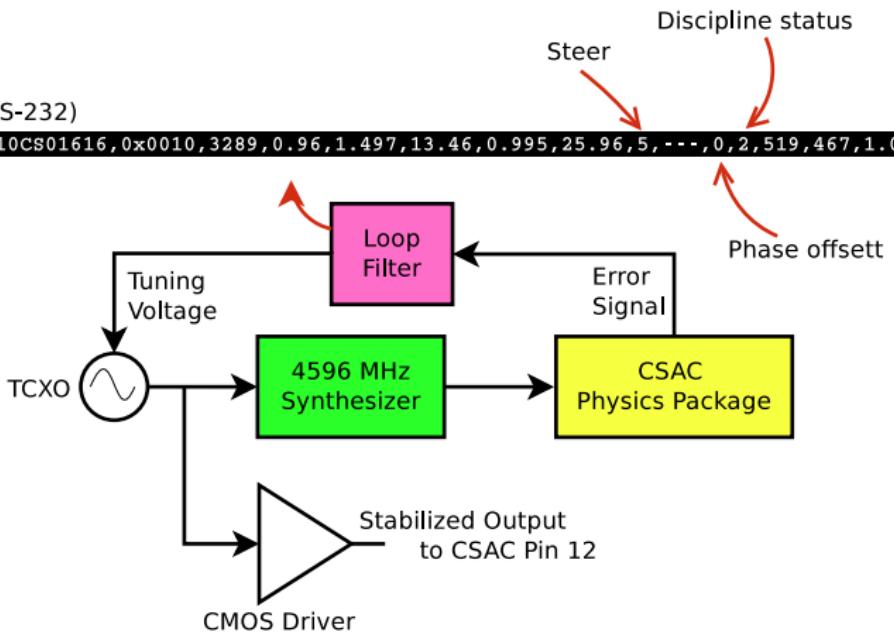
En god klokke

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 Client/Server

Test av lokasj-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkekemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikt
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Ønsket funksjonalitet

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

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

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
forstyrrelse

Konklusjon

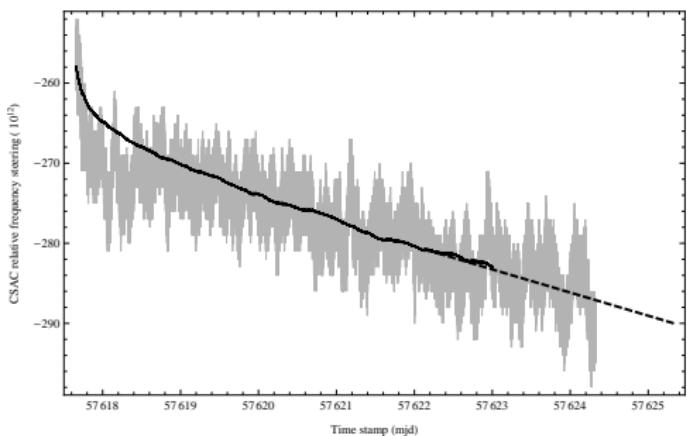
Videre arbeid

Klokkestørrelse

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
Klokkestørrelse

Filtre

Sensor Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkestørrelse og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

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

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

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 Client/Server

Test av lokasjons- og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av klokkekemodell og filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid



+



=



Sensor Client

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 Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

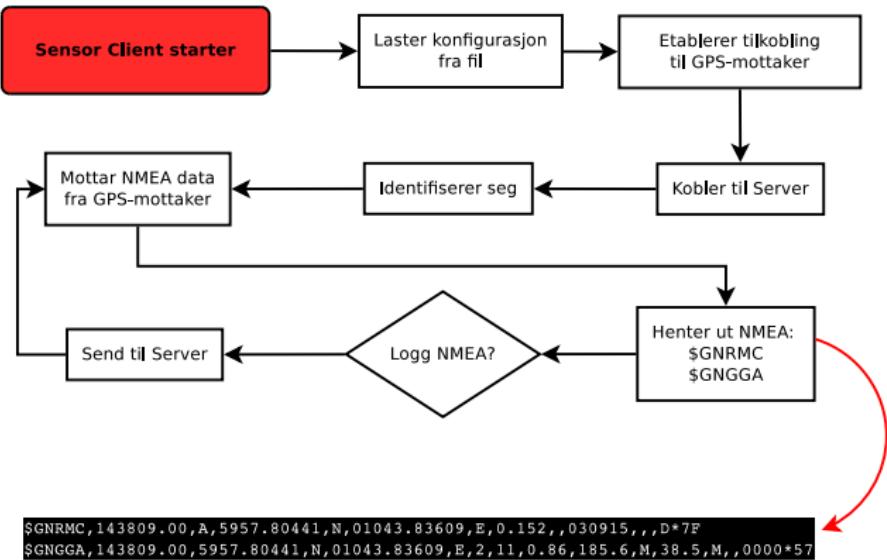
Test av
klokkekemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilisket
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

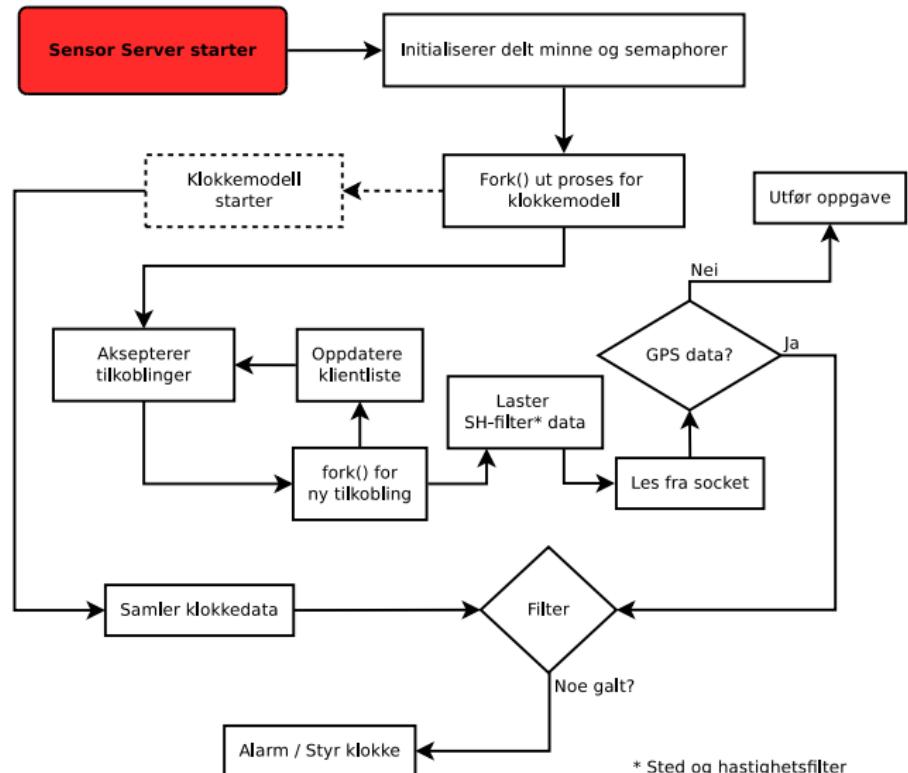


\$GNRMC,143809.00,A,5957.80441,N,01043.83609,E,0.152,,030915,,,D*7F
\$GNGGA,143809.00,5957.80441,N,01043.83609,E,2,11,0.86,185.6,M,38.5,M,,0000*57

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

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet
KlokkeModell
Filtri
Sensor Client/Server

Test av lokasj-
on og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkeModell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
forstyrrelse

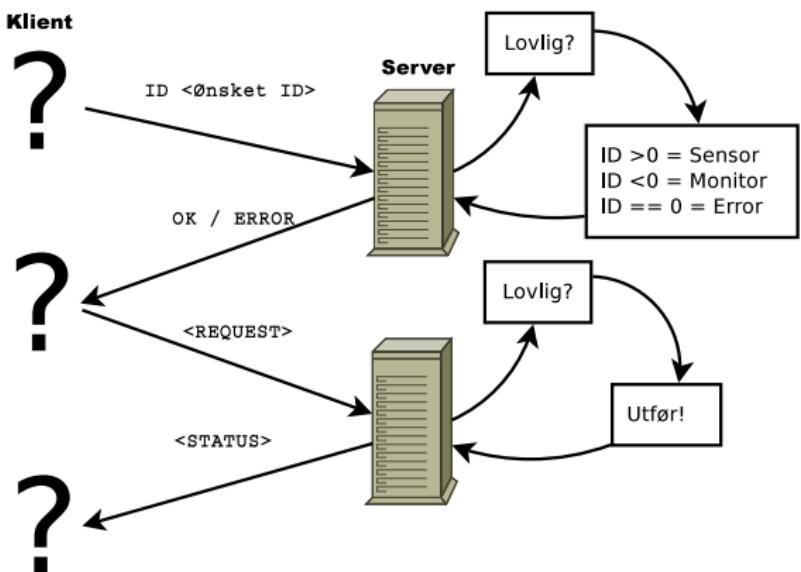
Konklusjon

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 Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkekemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
forstyrrelse

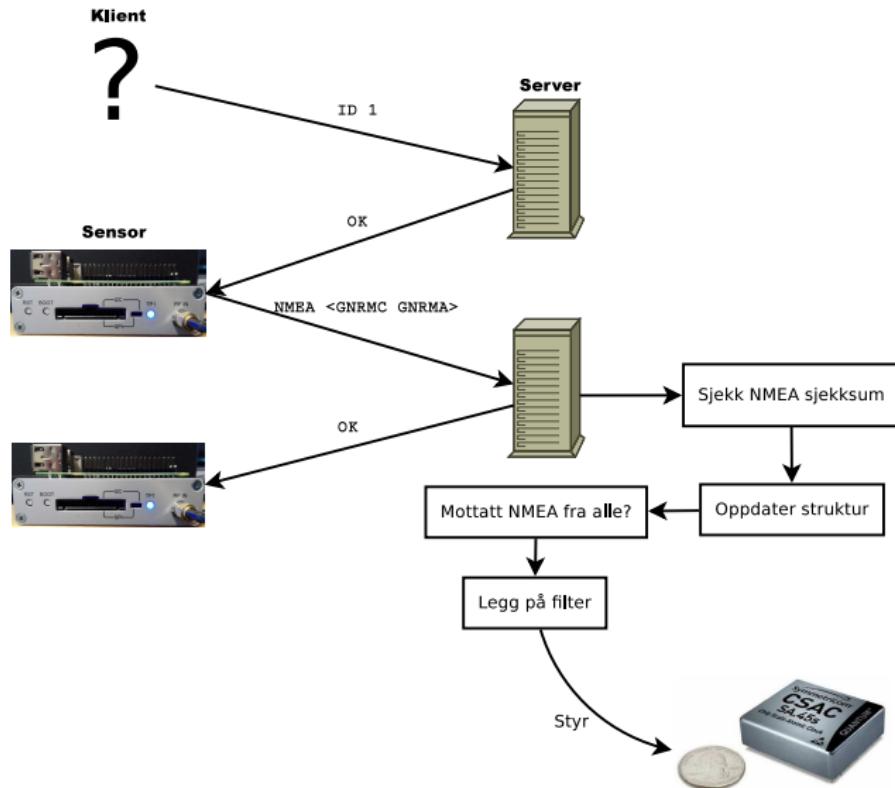
Konklusjon

Videre arbeid

Kommunikasjon: GPS data

Spoof proof GPS timing

A. Schultzen



Introduksjon

GPS timing

Anvendelse

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og mottiltak

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

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket forstyrrelse

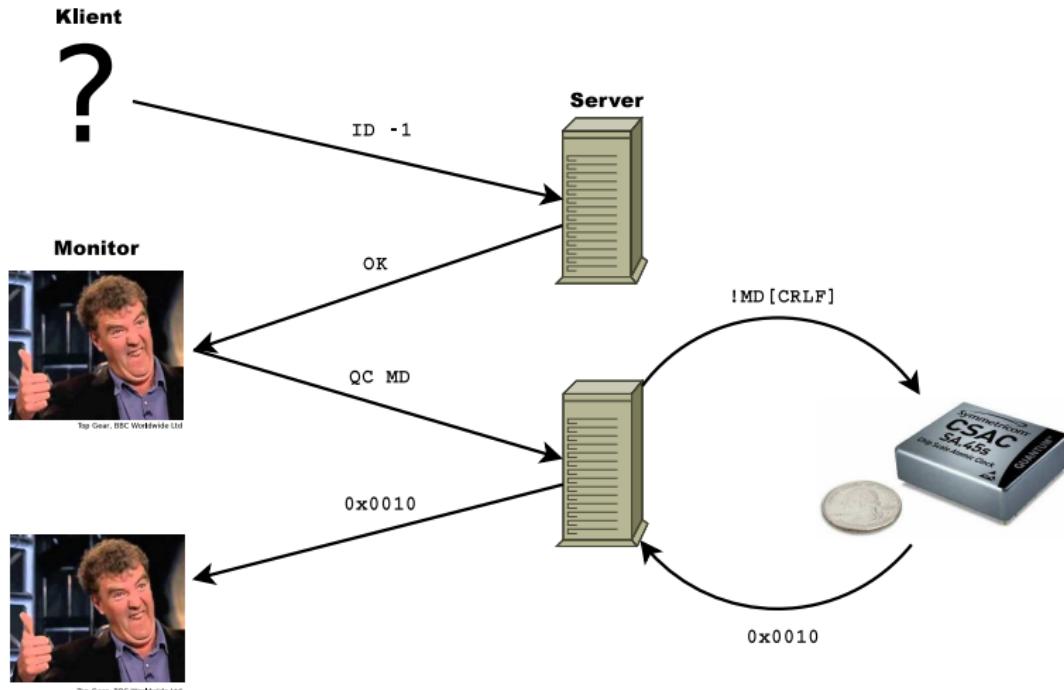
Konklusjon

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

System
implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Klokkekemodell
Filtre
Sensor Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkekemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

Oppsett

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 Client/Server

Test av lokasjons- og hastighetsfilter

Beskrivelse

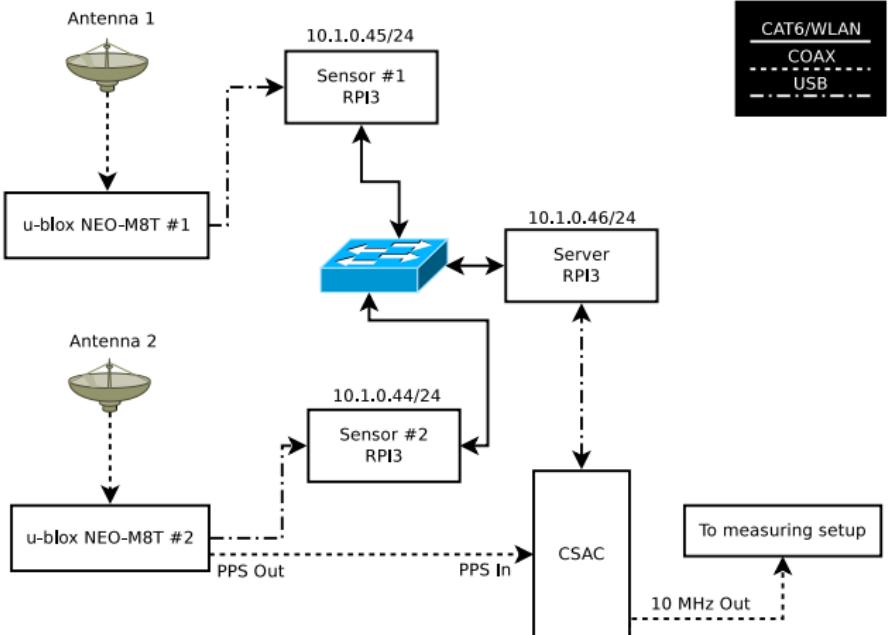
Test av klokkekemodell og filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid



Figur: Oppsett av server og klienter under test

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 Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

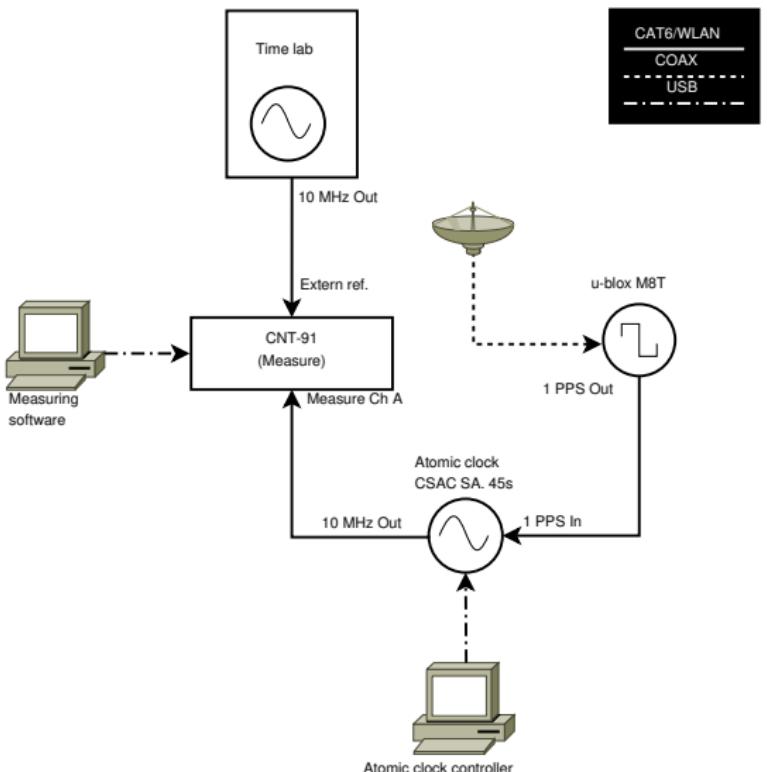
Test av
klokkekemodell og
filtre

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 Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkekemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

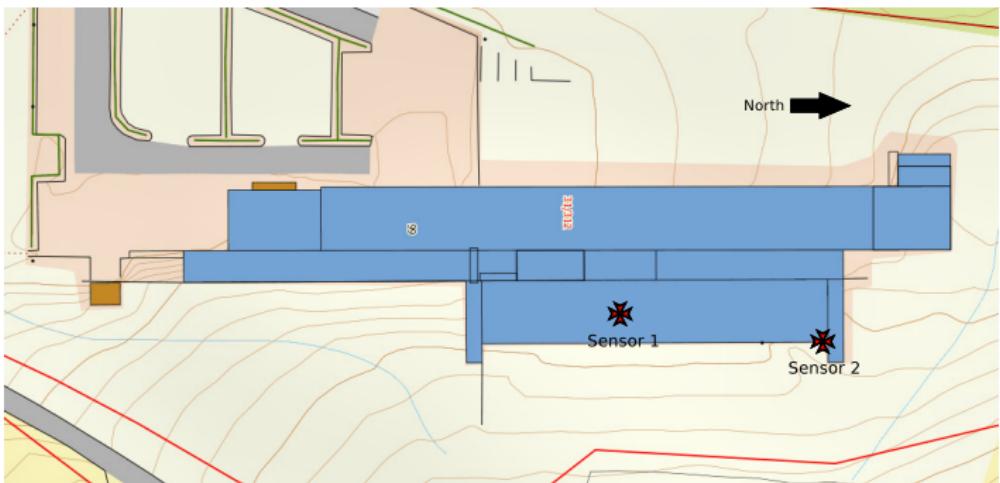


Figur: Oppsett av måleutstyr

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 Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkekemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
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 Client/Server

Test av lokasj-
on og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilisiktet
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 Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
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

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

Observasjon

Observasjon:
Utilisket
forstyrrelse

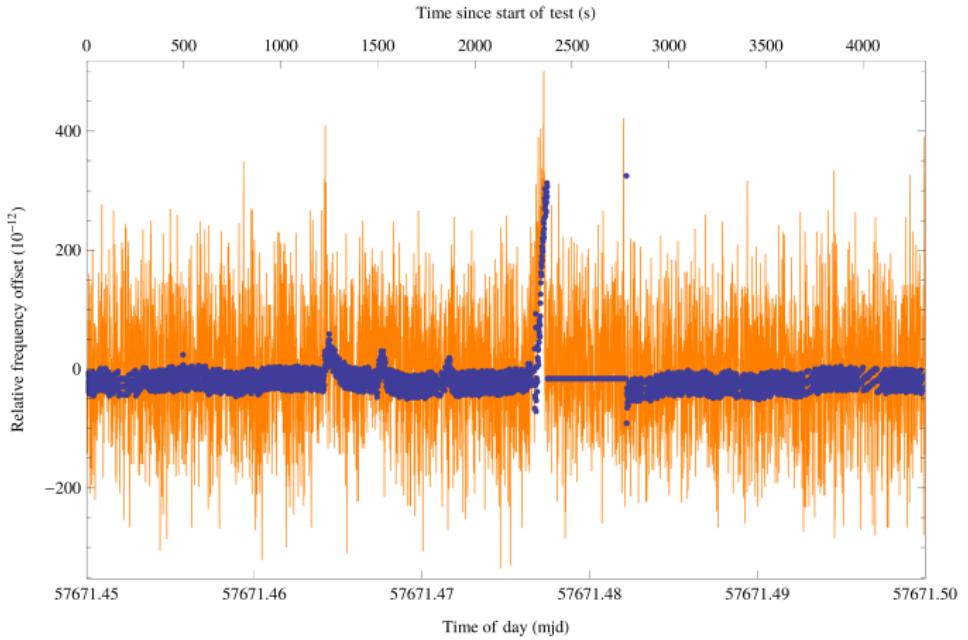
Konklusjon

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 Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkekemodell og
filtre

Observasjon

Observasjon:
Utiltsiktet
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 Client/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

Dtekasjon 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

Observasjon

Observasjon:
Utilstikket
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

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

Observasjon

Observasjon:

Utilstikket

forstyrrelse

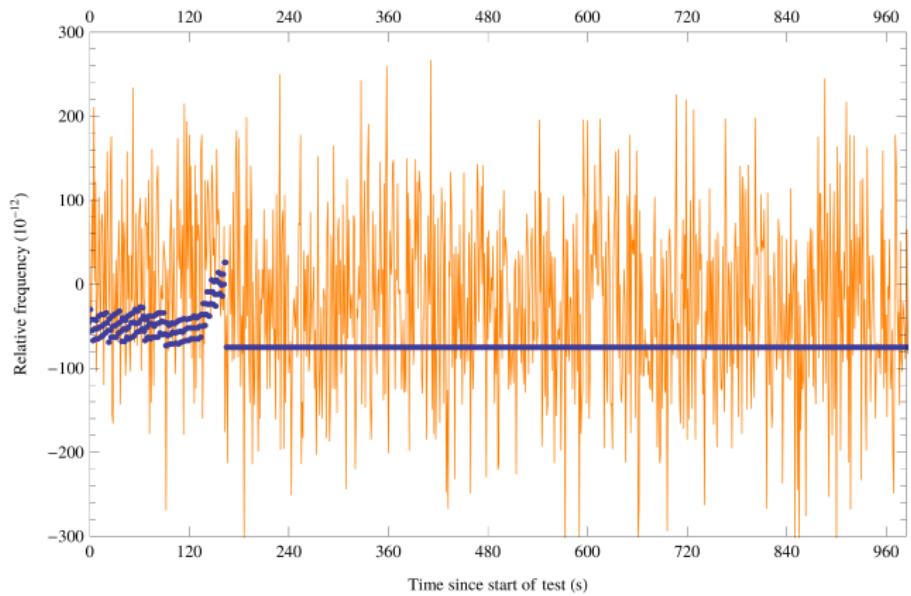
Konklusjon

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 Client/Server

Test av lokasjons-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkestasjon
og filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilisert
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 Client/Server

Test av lokasjons- og hastighetsfilter
Beskrivelse

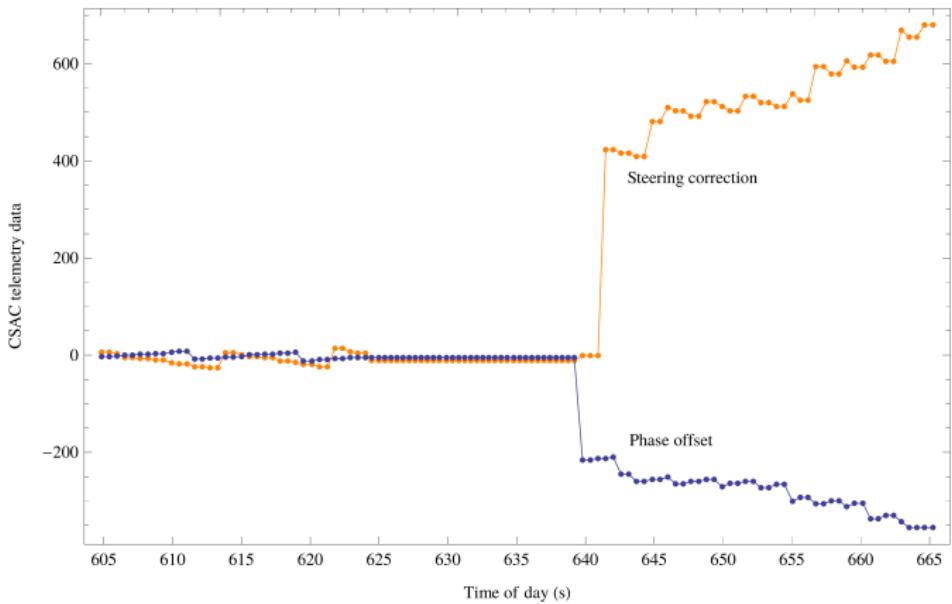
Test av klokkekemodell og filtre

Observasjon

Observasjon:
Utilsiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid



Figur: Måleserie gjort under utilsiktet forstyrrelse

Konklusjon

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

- ▶ Effektiv deteksjon
 - ▶ Vanskelig å spoof to mottakere
 - ▶ God klokke – litte 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

Dekselasjon 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

Observasjon

Observasjon:
Utilisiktet
forstyrrelse

Konklusjon

Videre arbeid

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

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

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 Client/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 Client/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.