

Spoof proof GPS timing

A detection and mitigation system for GPS time spoofing

A. Schultzen¹

¹Institutt for informatikk
Universitetet i Oslo

December 1, 2016

Agenda

Introduksjon

Deteksjon og mottiltak

Implementasjon

Test av lokasjon- og hastighetsfilter

Test av klokkemodell og filtre

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing
Utfordringer og trusler
Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere
Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Sensor server
arkitektur
Klokkemodell
Filtre

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre
Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

GPS timing

- ▶ Bare tre satellitter *egentlig* nødvendig for å finne sin posisjon.
- ▶ Fjerde satellitt brukes for å korrigere klokka.
- ▶ GPS mottakeren er nå synkronisert med atomklokkene i GPS satellittene.
- ▶ GPS timing er klokker disiplinert av GPS.
- ▶ Tidsstempling
 - ▶ E-handel
 - ▶ Høyhastighets aksjehandel
 - ▶ Logging etc.
- ▶ Fasemålinger i kraftnett.
- ▶ Telekommunikasjon.

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere

Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server

arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Utfordringer og trusler

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Utfordringer og trusler

Utfordringer:

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

Terror mulig motiv for:

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

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell
Filtre

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Referansetrusselen

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

"The Civil GPS Spoofer"

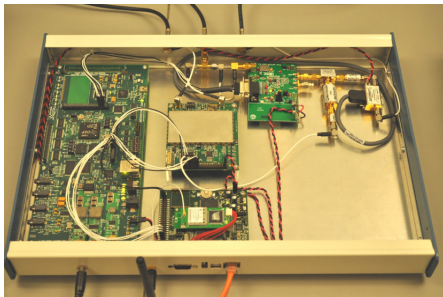


Figure: Civil GPS Spoofer

"The Civil GPS Spoofer"

- ▶ Laget et av et team fra *The University of Texas at Austin* i 2012 [1]
- ▶ Implementert i "SDR"
- ▶ Simulere opptil 14 "falske" satellitter.

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing
Utfordringer og trusler
Referansetrusselen

Deteksjon og mottiltak

Flere GPS mottakere
Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Sensor server
arkitektur
Klokkemodell
Filtre

Test av lokasjon- og hastighetsfilter Beskrivelse

Test av klokkemodell og filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

"The Civil GPS Spoofer"

Nøkkelfunksjoner:

- ▶ Sømløs narring, offeret låser på en kopi av det autentiske signalet. Ingen forandring i løsning.
- ▶ Angriper manipulerer signalet.
- ▶ Angriperen har gjerne et stort spillerom under angrepet da oscillatoren i mottakeren ofte er av lav kvalitet.

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell
Filtre

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Deteksjon og mottiltak

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Deteksjon og mottiltak

- ▶ Deteksjon
 - ▶ Bruke flere GPS mottakere med kjent posisjon.
 - ▶ Bruke stabil klokke som referanse.
- ▶ Mottiltak: Bruke klokke som tidskilde.

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

**Deteksjon og
mottiltak**

Fleire GPS mottakere

Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Flere GPS mottakere og kjent posisjon

- ▶ En GPS mottakere med ukjent posisjon: Lett
- ▶ En GPS mottakere med kjent posisjon: Gjennomførbart
- ▶ To GPS mottakere med kjent posisjon: Svært komplisert
 - ▶ Minimum en mottakere løser feil posisjon.
 - ▶ Med mindre narren er like langt fra begge, forskjell i tidsløsning.

Kompleksiteten øker for hver GPS mottaker som legges til.

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing

Utfordringer og trusler
Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere
Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Sensor server
arkitektur
Klokkemodell
Filtre

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Referanseklokke

Med en stabil og pålitelig klokke, har en muligheter til å:

- ▶ Verifisere GPS løsning.
- ▶ Realisere nøyaktig timing selv når GPS disiplinering ikke er mulig.



Figure: Symmetricom 5071A
Cesium Primary Frequency
Standard (500 000 NOK)



Figure: Symmetricom SA.45s
CSAC (5000 NOK)

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server

arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Vi valgte Symmetricom SA.45s.

- ▶ Lav vekt og størrelse
- ▶ Kortidsstabilitet på rundt (10^{-11}) s.
- ▶ Intern frekvensteller og styringsalgoritme
- ▶ Kommuniserer over RS-232

Implementasjon

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Ønsket funksjonalitet

- ▶ Kunne detektere angrep hurtig
- ▶ Ha mulighet for å logge data
- ▶ Rask og enkel tilgang til innsamlet data
- ▶ Enkelt kunne koble til flere GPS mottakere
- ▶ Kunne administreres over nettverk
- ▶ Konfigurerbar

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere

Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Sensor server arkitektur

- ▶ Mottaker + Raspberry PI = GPS mottaker med nettverkskort = Sensor
- ▶ Eliminerer behovet for lange signalkabler, bruke nettverk:
 - ▶ Fiber
 - ▶ Mobilnett (3G og 4G)
 - ▶ WiFi
- ▶ Antall mottakere begrenset av serverens maskinvare.

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing

Utfordringer og trusler
Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell
Filtre

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Sensor server arkitektur

- ▶ 3000+ linjer med C99 kode
- ▶ Håndterer av/pålogging av klienter
- ▶ Håndtere mottak og formatering av GPS data
- ▶ En prosess per pålogging
- ▶ Delt minne mellom prosesser (anonym MMAP)
 - ▶ Semaforer og barrierer for beskyttelse
- ▶ Mulighet for brukere å koble på og gi kommandoer, f.eks:
 - ▶ Rapporterer lokasjon og tid
 - ▶ Rapportere server status
 - ▶ Rapportere filterstatus
 - ▶ Lagre og gjenopprette tilstand i sensorer
 - ▶ Last inn nye lokasjonsdata
 - ▶ Avslutte egen og andres tilkobling
 - ▶ Send kommandoer til atomklokke

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing

Utfordringer og trusler

Referanseklokke

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere

Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Implementasjon: Klokkemodell

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Klokkemodell

Klokkemodellen brukt i oppgaven er designet av Harald Hauglin. Brukes til:

- ▶ Referanse for frekvensavvik og klokke drift
- ▶ Generere brukbare styringsparameter i tilfelle GPS løsning ikke lenger er til å stole på.

Modellen er logisk en del av serveren og kjører i en egen prosess.

- ▶ Kommuniserer med atomklokke
- ▶ Moden etter to dager (konfigurerbart).

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing
Utfordringer og trusler
Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere
Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Sensor server
arkitektur
Klokkemodell
Filtre

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter
Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre
Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Implementasjon: Filtre

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Filtrene brukes til å detektere avvik. Enten:

- ▶ GPS-basert
- ▶ Klokkemodell-basert

For øyeblikket kun implementert tre filtre:

- ▶ Lokasjon og hastighetsfilter
 - ▶ Data fra sensorene blir samlet formatert.
 - ▶ Sjekker løst posisjon og hastighet mot referanseverdier
- ▶ Fasehoppfilter
 - ▶ Sammenlikner nåværende fase med pre-konfigurert grense.
- ▶ Frekvenskorreksjonsfilter
 - ▶ Sammenlikner nåværende styringsverdi med en forventet styringsverdi

Pre-konfigurerte referanseverdier er basert på et gjennomsnitt kalkulert fra en lengre måleserie.

Test av lokasjon- og hastighetsfilter

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server

arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Oppsett

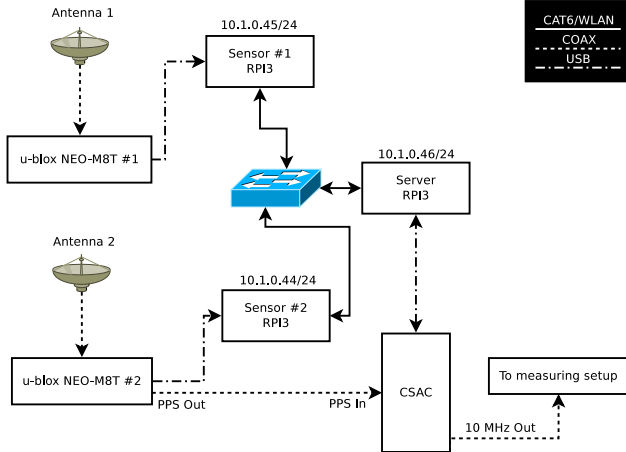


Figure: Oppsett av server og klienter under test

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere

Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server

arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Oppsett

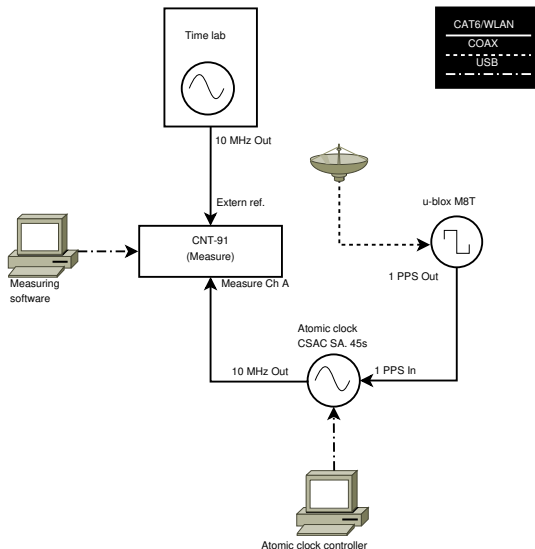


Figure: Oppsett av måleutstyr

Spoof proof GPS timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

- GPS timing
- Utfordringer og trusler
- Referansetrusselen

Deteksjon og mottiltak

- Fleire GPS mottakere
- Referansekløkke

Implementasjon

- Ønsket funksjonalitet
- Sensor server arkitektur
- Klokkemodell
- Filtre

Test av lokasjon- og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av klokkemodell og filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Oppsett: plassering av mottakere

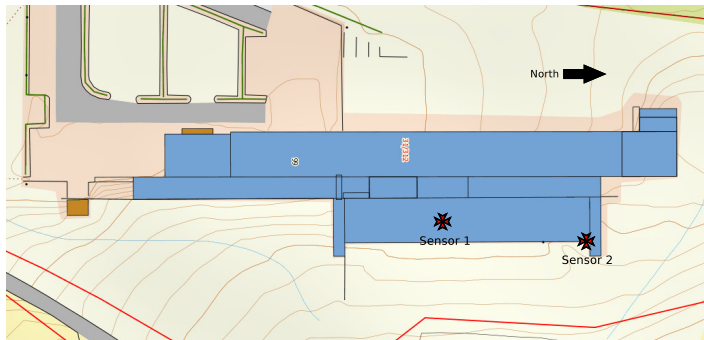


Figure: Plasseringen av GPS mottakere

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere

Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server

arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

- ▶ 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

Agenda

Introduksjon

GPS timing
Utfordringer og trusler
Referansetrusselen

Deteksjon og mottiltak

Fleire GPS mottakere
Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Sensor server arkitektur
Klokkemodell
Filtre

Test av lokasjon- og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av klokkemodell og filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Utførelse



Spoof proof GPS timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

- GPS timing
- Utfordringer og trusler
- Referansetrusselen

Deteksjon og mottiltak

- Flere GPS mottakere
- Referanseklokke

Implementasjon

- Ønsket funksjonalitet
- Sensor server arkitektur
- Klokkemodell
- Filtre

Test av lokasjon- og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av klokkemodell og filtre

- Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Observasjon

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

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

Referanse klokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Observasjon: Målesystem

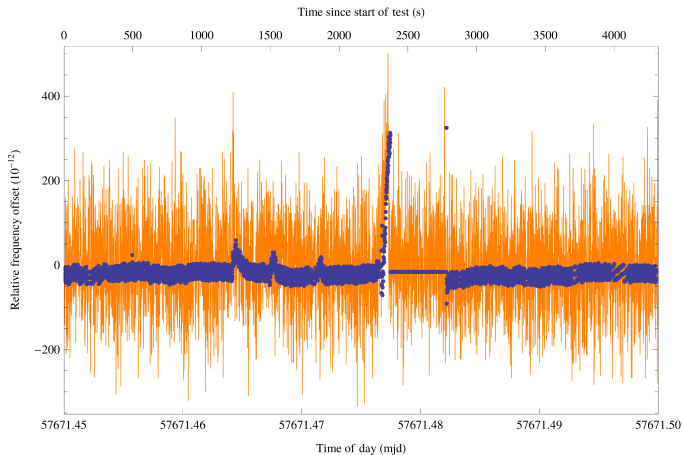


Figure: Måleserie gjort under test av lokasjon og hastighetsfilter

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

- GPS timing
- Utfordringer og trusler
- Referansetrusselen

Deteksjon og mottiltak

- Flere GPS mottakere
- Referanseklokke

Implementasjon

- Ønsket funksjonalitet
- Sensor server
arkitektur
- Klokkemodell
- Filtre

Test av lokasjon- og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av klokkemodell og filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Test av klokkemodell og filtre

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

- ▶ Testet klokke modellen og styring.
- ▶ Tok bare med en sensor da fokus var på klokke modell.
- ▶ Justerte grenseverdier

- ▶ Flyttet antenne
- ▶ Viftet antenne rundt i en halvsirkel
- ▶ Aktiverte disiplinering av klokka manuelt

Agenda

Introduksjon

GPS timing
Utfordringer og trusler
Referansetrusselen

Deteksjon og mottiltak

Flere GPS mottakere
Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Sensor server
arkitektur
Klokkemodell
Filtre

Test av lokasjon- og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av klokkemodell og filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Observasjon

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

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell
Filtre

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Observasjon

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

- GPS timing
- Utfordringer og trusler
- Referansetrusselen

Deteksjon og mottiltak

- Fleire GPS mottakere
- Referanseklokke

Implementasjon

- Ønsket funksjonalitet
- Sensor server
arkitektur
- Klokkemodell
- Filtre

Test av lokasjon- og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av klokkemodell og filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

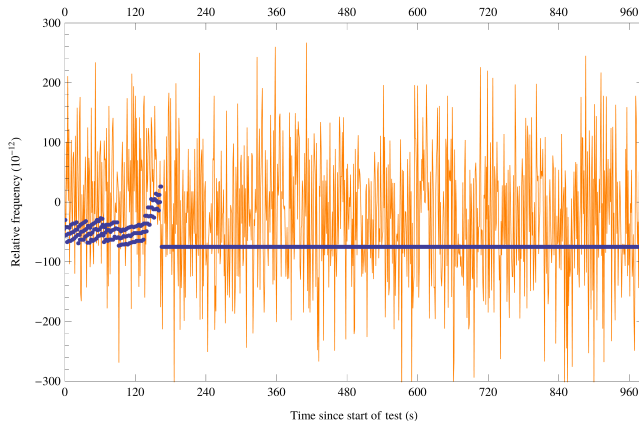


Figure: Måleserie gjort under klokkemodell test

Konklusjon

Spoof proof GPS timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing
Utfordringer og trusler
Referansetrusselen

Deteksjon og mottiltak

Flere GPS mottakere
Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet
Sensor server arkitektur
Klokkemodell
Filtre

Test av lokasjon- og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av klokkemodell og filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

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

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere

Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server

arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Etter innlevering

Spoof proof GPS timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og mottiltak

Flere GPS mottakere

Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server
arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjon- og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av klokkemodell og filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Ikke løste problemer

- ▶ Kommunikasjon med atomklokke
 - ▶ Antatt å ha vært et problem med konfigurasjonen av serialport.
 - ▶ Systematisk feilsøkt etter innlevering. Forsøkt:
 - ▶ Forskjellige kabler
 - ▶ Forskjellige datamaskiner
 - ▶ Verifisert med "serial port sniffer", riktig kommando sendes.
 - ▶ Kan være et fastvare problem
- ▶ GPS filter ikke ferdig integrert.

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Flere GPS mottakere

Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server

arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References

Bibliografi I



Daniel P. Shepard, Todd E. Humphreys, and Aaron A. Fansler. “Evaluation of the Vulnerability of Phasor Measurement Units to GPS Spoofing Attacks”. In: (2012).

Spoof proof GPS
timing

A. Schultzen

Agenda

Introduksjon

GPS timing

Utfordringer og trusler

Referansetrusselen

Deteksjon og
mottiltak

Fleire GPS mottakere

Referanseklokke

Implementasjon

Ønsket funksjonalitet

Sensor server

arkitektur

Klokkemodell

Filtre

Test av lokasjon-
og hastighetsfilter

Beskrivelse

Test av
klokkemodell og
filtre

Observasjon

Konklusjon

Etter innlevering

Bibliografi

References