

# Masteroppgaver innen tid/frekvens/GNSS ved Justervesenet 2018

Versjon 1.0 20180214

**Kontakt:** Sjefingeniør Harald Hauglin ([hha@justervesenet.no](mailto:hha@justervesenet.no))

De beskrevne oppgavene er skisser med rom for tilpasning til individuelle forslag/ønsker.

## 1. Modellering, tilstandsestimering og styring av en passiv hydrogen-maser

*Egnet for studenter med bakgrunn fra eller interesse for kybernetikk.*

Målet med oppgaven er å forbedre norsk UTC-tid ved å få en bedre prediksjon av takten til masterklokken og dermed bedre grunnlag for styring. En passiv hydrogen-maser er en type atomklokke som over tidsspenn fra dager til noen uker er mer stabil enn cesium-klokker. I motsetning til cesiumklokker har H-masere en frekvensdrift (av relativ størrelse  $5 \times 10^{-16}$  per døgn) samt at klokketakten har en systematisk avhengighet av miljøparametre som trykk/temperatur/luftfuktighet. Temperatur og fuktighet kontrolleres veldig godt i laboratoriet, mens variasjoner i lufttrykket påvirker klokketakten med relativ endring  $10^{-16}$  /hPa. Dette betyr at klokken øker med 1 ns /døgn ved høytrykk og sakter med tilsvarende ved lavtrykk. Både frekvensdrift over tid og påvirkning av lufttrykk ønsker vi å ta med inn i en modell. Inngangsdata vil være tidsserier av trykk-, temperatur- og fuktighetsmålinger samt klokke målinger og såkalte tidstransferdata. Her finnes det allerede > 500 dager med data som kan brukes som utgangspunkt for en modell.

- a. **Ønsket resultat 1:** En karakterisering av frekvensdrift over tid og påvirkning av lufttrykkvariasjoner basert på eksisterende data.
- b. **Ønsket resultat 2:** Et (Kalman-)filter som gir oppdaterte estimater for frekvensavvik og -drift basert på nye tidstransferdata og aktuelle målinger av lufttrykk
- c. **Ønsket resultat 3:** En eller flere algoritmer for å beregne klokkekorreksjoner. Algoritmene kan testes med historiske data og det ønskes bl.a. en vurdering av hvordan hyppigheten av styring (daglig/ukentlig/månedlig) påvirker frekvensstabilitet og tidsavviket til den styrte klokken mot UTC.
- d. **Ønsket resultat 4 (hvis tid):** Implementering og testing av en sanntidsalgoritme for 'trykk-kompensert' styring av passiv hydrogen-maser. Input her vil være tilstandsestimat og prediksjon fra Kalman-filter, tidsserie med data fra trykksensor. Output vil være frekvenskorreksjoner sendt over seriell-interface til en klokkegenerator.

## 2. Videreutvikling og testing av 'narresikker' GPS-styrt klokke.

*Egnet for 1 – 2 studenter med bakgrunn/interesse for GNSS.*

Opgavene vil bygge på et masterprosjektet gjennomført ved Justervesenet og Ifl/UiO i 2016. Detaljert omfang vil måtte avtales nærmere.

- I. **Eksperimentell oppgave:** Planlegging, gjennomføring og analyse av testing av narresikker GPS-klokke med jammer/GNSS signalgenerator (i samarbeid med FFI)
- II. **Programmeringsoppgave:** Implementering av prosessering av fasedata fra to eller flere GNSS-mottakere. Innebærer bl.a. prosessering av binærformat (ubx) data fra uBlox. Muliggjør høyere følsomhet for deteksjon av forstyrrelser.

### 3. Temperaturmåling ved måling av signalforsinkelse i optisk fiber.

*Egner seg for 1 - 2 studenter med interesse for fysikk/måleteknikk/fiberoptikk.*

Oppgaven går ut på å gjennomføre en 'proof-of-concept'-studie. Utgangspunktet er et IEEE1588PTP White Rabbit (WR) demo kit. WR er en protokoll for presisjonssynk. WR måler forsinkelse av signaler i optiske fibre med 1 picosekund oppløsning. Vi ønsker å bruke måling av signalforsinkelse som et termometer.

- a. Eksperimentelt: Gjennomføre kontrollerte forsøk (proof-of-concept) med eksisterende WR-kit i kontrollerte klimakammer/bad/ovner
- b. Teoretisk: Gjøre et litteraturstudium og en vurdering av fibertyper/laser bølgelengder for følsomhet i industrielt relevante anvendelser
- c. Identifisere bidrag til usikkerhet i metoden, foreslå forbedringer og eventuelt teste noen forbedringer eksperimentelt.

### 4. Hastighets- og strekningsmåling med GNSS – sporbarhet og nøyaktighet

*Egner seg for 1 – 2 studenter med bakgrunn/interesse for GNSS.*

Justervesenet ønsker å dokumentere nøyaktigheten til GNSS-baserte målinger av hastighet og tilbakelagt strekning. Slike målinger er aktuelle i forbindelse med f.eks. kontroll av taksametre, ved oppmåling av referansestrekninger eller som en referansemetode for måling av hastighet.

- a. Eksperimentelt: Gjennomføre og dokumentere sammenligningsmåling av en sporbart oppmålt referansestrekning (100 m)
- b. Vurdere feilkilder i GNSS-basert måling
- c. Sammenligne sanntidmålinger med målinger post-prosessert med nøyaktige klokke- og banedata (IGS rapid/final).
- d. Sammenligning av måleevnen til Justervesenets eksisterende 'profesjonelle' type GNSS-utstyr (Septentrio AsteRx1) med 'konsument'-utstyr (uBlox LEA M8T) eller tilsvarende.

### 5. Sikker synkronisering over åpne nettverk

*Egner seg for 1 – 2 studenter innen informatikk/nettverk*

Network Time Protocol (NTP) er en svært utbredt protokoll for synkronisering av datasystemer over internett. I Norge har Nasjonal Sikkerhetsmyndighet (NSM) utarbeidet en veileder for sikring av NTP som bl.a. påpeker at NTPs standard mekanismer for autentisering av synkroniseringsmeldinger er utdaterte og gir veldig svak beskyttelse mot forfalskede meldinger. Justervesenet ønsker å teste en eller flere løsninger for NTP over åpne nettverk med oppdaterte metoder for autentisering og sikring av kommunikasjon i tråd med NSM veileder.

Referanse: *NSM U-09 Sikring av Network Time Protocol*, Nasjonal Sikkerhetsmyndighet 2016.

[https://www.nsm.stat.no/globalassets/dokumenter/veiledninger/systemteknisk-sikkerhet/U-09\\_Sikring\\_av\\_NTP.pdf](https://www.nsm.stat.no/globalassets/dokumenter/veiledninger/systemteknisk-sikkerhet/U-09_Sikring_av_NTP.pdf)