

# Tidsdistribusjon

Distribusjon av tid for DSO

Presentasjon fra Hafslund Nett, O. Fostad / E. Endal

Versjon 1.0, 2017-09-04

# Behov

Ny rolle for nettselskap kommer, overgang fra DNO (Distribution Network Operator) til DSO (Distribution System Operator) <sup>1)</sup> .

DSO vil ha behov for nøyaktig tid i størrelsesorden 1  $\mu$ s i tiden fremover pga. endringer i driften og bruk av ny teknologi<sup>2)</sup>.

- ➔ Automatisering av kommunikasjons funksjonalitet i samsvar med IEC 61850.
- ➔ Større dynamikk i nettet pga. økende mengde DER (Distributed Energy Resources) og økt utveksling med utlandet<sup>1)</sup>

1) Statnett's Systemdrifts- og markedsutviklingsplan 2017-2021

2) Overgang fra bruk av NTP med 1 ms nøyaktighet til PTPv2 med 1  $\mu$ s nøyaktighet

# IEC 61850 automatisering

Standard som omhandler PUAS (Power Utility Automation Systems) som definerer kommunikasjon mellom IED's (Intelligent Electronic Devices) og relaterte systemkrav. IED's benyttes til lokal-, og distansevern funksjonalitet, overvåkning, kontroll etc. i transformatorstasjoner og tilliggende elektriske nett.

Bruk av IED's med tilhørende kommunikasjon:

- ➔ Reduserer bl.a. bruk av dedikerte signalveier (fiber og signalkabler) ved bruk av felles kommunikasjonsbusser for flere funksjoner.
- ➔ Legger til rette for ny funksjonalitet.
- ➔ IEC 61850-9-2 Process Bus krever tidsnøyaktighet på  $1 \mu\text{s}$

# DER og dynamikk

- Endring i flytretning i deler av nettet fra tidligere kun TSO (Statnett) til kunde til også flyt fra kunde til kunde pga. økt produksjon (vind og solceller) i distribusjonsnettet (DER).
- Nye feil og forstyrrelser i nettet i forbindelse med tilkobling og styring av DER.
- Antatt mer transienter i forsyning fra TSO pga. bl.a. økt utveksling med utlandet.

SCADA har maksimal oppløsning på 1 sample / sekund, behov for bedre oppløsning for feilanalyse, overvåkning og kontroll.  $\mu$ PMU's vil være en god løsning, 512 samples / syklus (50/60 Hz).

# μPMU - Synchrophasors

μPMU – utvikling av PMU (Phasor Measurement Unit) til bruk i distribusjonsnett.

- Viser transienter og benyttes som komplementerende overvåkning i tillegg til SCADA (tilsvarende et synchrophasor WAMS for TSO).
- Samtidige phasor målinger på forskjellige lokasjoner, såkalte synchrophasor målinger gir tilleggsinformasjon som retning til transienter, feillokasjon mm..
- IEEE C37.118-2005 Synchrophasors standard krever synkronisering av PMU's innenfor 1 μs.

# Distribusjon av tid

Tid med nøyaktighet på 1  $\mu$ s kan distribueres fra atomklokker (Cesium / Hydrogen maser):

- Ved hjelp av radiosignal fra GNSS satellitter med atomklokker (GPS / GLONASS / BeiDou / Galileo).
- Ved hjelp av radiosignal fra bakkestasjoner med atomklokker (eLoran).
- Ved hjelp av Ethernet (bakkenett) med PTPv2<sup>(1)</sup> (IEEE 1588 v2) fra Grandmaster klokke(r) som får tid fra lokal atomklokke eller fra radioklokker (GNSS / eLoran).
- Kanskje ved hjelp av radiosignal fra LEO (Low Earth Orbit) satellitter (STL) med atomklokke på bakken og høyhastighets satellittkommunikasjonsnettverk<sup>(2)</sup>.

(1) White Rabbit (alternativ til PTPv2) oppnår betydelig bedre nøyaktighet, men er normalt ikke støttet i IEC 61850 IED's (ennå).

(2) Vi har forsøkt å få tilbud på STL abonnement siden juni uten resultat. Rapportert nøyaktighet varierer.

# Sårbarheter

- Sårbarheter til GNSS system er bl.a. drøftet i NRS's rapport fra 2013: «*Vurdering av sårbarhet ved bruk av globale satellittnavigasjonssystemer i kritisk infrastruktur*»
- Bakkeradio (eLoran) har mange tilsvarende sårbarheter som for GNSS system med unntak for romrelaterte forhold (romskrot etc.). Sårbarhetene er imidlertid annerledes; annen følsomhet for solstorm, multipath, jamming, spoofing, atmosfæriske forhold, antenne skjerming, konflikter / krig etc.
- Distribusjon ved hjelp av PTPv2 er sårbart på samme måte som kommunikasjon over nettet som benyttes; sambandsbrudd (graveskade / ras / flom), ondsinnet manipulering pga. manglende autentisering og integritetskontroll, DoS angrep, rekonfigurasjon av nettverk etc.

# Redundans og pålitelighet

## Egne atomklokker og PTPv2 distribusjon over Ethernet:

### *Fordeler:*

- ➔ Autonom løsning, uavhengig av ytre system (GNSS / eLoran).

### *Ulemper:*

- ➔ Større krav til ytelse, sikring og drift av eget sambandsnett og klokker.
- ➔ Økt utfordring ved tap av kommunikasjon (sambandsbrudd).

## Radiodistribusjon (GNSS / eLoran)

### *Fordeler:*

- ➔ Enkel distribusjon gir mindre krav til eget sambandsnett.
- ➔ Kan fungere ved tap av kommunikasjon (sambandsbrudd) og derved gi informasjon til bl.a. feilanalyse.

### *Ulemper:*

- ➔ Følsom for ytre påvirkning og manipulasjon.



# Utfordringer

Ved bruk av egne atomklokker og distribusjon med PTPv2:

- Kvaliteten på eget sambandsnett er ikke alltid tilstrekkelig for PTPv2
  - Radiolinjer / VHF / UHF / BFH osv. er problematisk.
- Ved bruk av diverse trådløse samband er det ikke mulig å transportere PTPv2.
  - Satellitt / Nødnett / LTE mv.
- Håndtering av sambandsbrudd.
  - Geografisk spredning av egne atomklokker?
  - Hvor mange cesiumklokker trenger en DSO?
- $\mu$ PMU's vil bli benyttet på lokasjoner uten eget samband (LTE / Satellitt / Nødnett).

# GNSS redundans

*“Redundancy is only useful if the redundant elements fail independently. Any common mode of failure would affect the overall reliability.” (fra IEC 61850-90-12)*

## **GNSS for GNSS (multi GNSS)**

- ➔ Beskytter mot systemfeil i GNSS system som GPS 2016 UTC anomaly.
- ➔ Har en rekke ‘Common modes’: Jamming / spoofing / solstorm / konflikter i rommet mm., dvs. alle sårbare forhold etter radiosignalet har forlatt satellitten.

## **eLoran for GNSS**

- ➔ Har få eller ingen ‘common modes’ med GNSS selv om denne teknologien også har sårbarheter for jamming / spoofing / solstorm / lokale konflikter mm., men med annet utstyr og for andre forhold enn for GNSS.

# Galileo NMA

Kan Galileo's NMA hindre spoofing?

- ➔ Dersom Galileo med NMA benyttes sammen med andre GNSS løsninger (GPS / GLONASS / BeiDou) hvor systemene er ment å være redundante så vil det være enkelt å jamme Galileo (referanse til sårbarhetsrapporten fra romsenteret fra 2013) for så å spoofe de(t) andre systemene/systemet som illustrert i New Scientist artikkelen<sup>1)</sup>. I et redundant oppsett er det da nødvendig å følge de(t) fungerende system(ene) som i dette tilfellet vil være 'spoofet'. Slik vi ser det så må det derfor eksistere minst to system som implementerer NMA teknologi for at dette skal virke med redundans.
- ➔ Alternativt kan kun Galileo med NMA benyttes, men da har vi ingen redundans og er da i tillegg ytterligere sårbare for bl.a. systemfeil som GPS 2016 UTC anomaly, GLONASS feil fra 2014 etc.

1) «[\*Ships fooled in GPS spoofing attack suggest Russian cyberweapon\*](#)»

# eLoran til tidsbestemmelse

eLoran (enhanced Loran) er en videreutvikling av LORAN (LOng RAnge Navigation) og kan benytte betydelig deler av den eksisterende Loran infrastrukturen.

- Bestemmelse av korreksjoner for utbredelse over land, ASF (Additional Secondary Factors), er enkelt når eLoran benyttes som redundans for GNSS til tidsbestemmelse. eLoran mottakeren kan da kalibreres mot GNSS mottakeren(e) som en del av installasjonen på stedet og romlig ASF er derved bestemt.
- Det avgjørende forholdet for brukbarheten til mottatte signal er om signal / støyforhold er tilstrekkelige.
- Til navigasjonsbruk krevers det mottak fra 3 sendere, mens tidsbestemmelse kun krever mottak fra én sender. Det gjør at eksisterende dekningskart for navigasjon ikke er relevante for tidsbestemmelse.
- Nøyaktigheten til tiden mottatt fra eLoran kan forbedres ytterligere ved bruk av differensielle teknikker med overvåkningsstasjoner som måler tidsavhengige variasjoner i ASF som sesongvariasjoner, døgnvariasjoner og eventuelle hurtigere variasjoner. Dette er tilsvarende funksjonalitet som for dagens DGNSS løsninger (f. eks. EGNOS). Differensielle korreksjoner er ikke nødvendig for bruk med 1  $\mu$ s nøyaktighetskrav.

# Oppsummering

- DSO'er vil i nær framtid måtte forholde seg til tidsnøyaktighetskrav på  $< 1 \mu\text{s}$ .
- Vi ser store fordeler, både praktisk og økonomisk ved å kunne benytte radiobasert distribusjon av tid som et supplement til distribusjon ved hjelp av egne atomklokker / PTPv2.
- Vi tror GNSS sammen med eLoran kan fungere for pålitelig tidsdistribusjon for DSO'er, spesielt aktuelt i områder med lite infrastruktur.
- Problemet med GNSS som redundans for GNSS er mange 'common modes', dette problemet ser ut til å være betydelig redusert eller eliminert ved bruk av bakkeradio (eLoran) som redundant system.