

# **FFI RAPPORT**

## **SPESIFIKASJON AV ESM- DEMONSTRATOR**

MALNES, Eirik, EILEVSTJØNN, Joar, KULBOTTEN Gunnar,  
KVERNSVEEN, Kirsten, ØHRA Hans,

**FFI/RAPPORT-2000/06388**



FFIE/805/113

Godkjent  
Kjeller 15 desember 2000

Rolf Hedemark  
Forskningsjef

## **SPESIFIKASJON AV ESM-DEMONSTRATOR**

MALNES, Eirik, EILEVSTJØNN, Joar, KULBOTTEN  
Gunnar, KVERNSVEEN, Kirsten, ØHRA Hans,

FFI/RAPPORT-2000/06388

**FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT**  
**Norwegian Defence Research Establishment**  
Postboks 25, 2027 Kjeller, Norge



P O BOX 25  
 NO-2027 KJELLER, NORWAY  
**REPORT DOCUMENTATION PAGE**

**SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE**  
 (when data entered)

1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/RAPPORT-2000/06388	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED	3) NUMBER OF PAGES 41
1a) PROJECT REFERENCE FFIE/805/113	2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	
4) TITLE SPESIFIKASJON AV ESM-DEMONSTRATOR  SPECIFICATION OF AN ESM-DEMONSTRATOR		
5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) MALNES, Eirik, EILEVSTJØNN, Joar, KULBOTTEN Gunnar, KVERNSVEEN, Kirsten, ØHRA Hans,		
6) DISTRIBUTION STATEMENT Approved for public release. Distribution unlimited. (Offentlig tilgjengelig)		
7) INDEXING TERMS IN ENGLISH: IN NORWEGIAN:		
a) <u>Electronic Support Measures</u>	a) <u>Elektroniske Støttetiltak</u>	
b) <u>Specific Emitter Identification</u>	b) <u>Spesifikk emitteridentifikasjon</u>	
c) <u>Fingerprinting</u>	c) <u>Fingeravtrykksanalyse</u>	
d) _____	d) _____	
e) _____	e) _____	
THESAURUS REFERENCE:		
8) ABSTRACT The report contains a specification of an Electronic Support Measure (ESM) device for demonstration purposes. The device will be used by FFI to demonstrate modern passive positioning and identification techniques for the Norwegian Air Force. The demonstrator contains three modules. The main module consists of antennas, tuners and sampling devices which extracts digital information from the RF-environment. Pulses from radars and other emitters in the bandwidth of the tuner will be digitised. A pulse sorting device will cluster pulses from the same pulse train into an emission description word (EDW). The output of the first module is hence a continuous flow of EDWs.  A second module is a PC which uses the EDWs to generate a picture of the emitter activity. It uses bearing information and identification techniques to separate the different emitters. By correlating the crystal oscillator frequency with an emitter library it will be possible to get unique identification of the emitter.  The third device takes pulse samples from the tuner and tries to identify the emitters by its pulse shape (fingerprint). Both modules will be used to demonstrate and evaluate modern signal processing techniques which can give a Specific Emitter Identification (SEI), i.e to separate different emitters of the same fabric (type).		
9) DATE 15 December 2000	AUTHORIZED BY This page only Rolf Hedemark	POSITION Director of Research

ISBN-82-464-0486-5

**UNCLASSIFIED**

**SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE**  
 (when data entered)



**INNHold**

	<b>Side</b>	
1	INNLEDNING	7
2	OVERORDNET ARKITEKTUR FOR SENSOREN	7
2.1	Edda –Mikrobølgeenhet med integrert kanalkort	8
2.2	Pulssorteringsenhet	9
2.3	Ida - Identifikasjonsmodul	9
2.4	Fia - Fingeravtrykk	9
3	SPESIFIKASJON AV EDDA	9
3.1	Signalflyten i Edda	9
3.2	Antenner og sidelobeblanking	10
3.2.1	Direktiv antenne	10
3.2.2	Rundstrålende antenne	11
3.2.3	Sidelobeblanking	11
3.3	Forsterkning og støy	13
3.4	Mikrøbølgetuner	13
3.5	Nedblanding til 50 MHz for KONTUR kanalkort	14
3.6	Tid- og frekvenssynkronisering	14
3.7	KONTUR-kanalkort	15
3.7.1	Ekstrahering av pulsbeskrivelsesord	16
3.7.2	Lagring av rådata	17
3.8	Styring av måleoppstillingen og logging av parametre	17
3.9	Kabinetter og styrings PC	17
3.9.1	Fysisk utforming av måleoppstillingen	17
4	PULSSORTERINGSSENHET	18
5	IDENTIFIKASJONS-MODUL	20
5.1	Funksjonell virkemåte	20
5.1.1	Trackliste og mer detaljert informasjon	21
5.1.2	Tilbakekopling og automatisk styring av HW	22
5.2	Tracker	22
5.2.1	Korrelering med track-liste	24
5.2.2	Assosiering basert på retning	24
5.2.3	Assosiering fra scan til scan	25
5.2.4	Initiering av track	25
5.3	Databasekorrelator	26
5.4	Emitterdatabaser	27
5.4.1	Databasefunksjonalitet	28
5.4.2	Tvetydighet	28
5.5	Krystalloscillator frekvens (SEI)	28

5.6	PRF-mønster	29
6	FIA - FINGERA VTRYKK-MODUL	30
6.1	Pulsdetektor og -velger	30
6.1.1	LeCroy oscilloskop	31
6.1.2	Kontur kanalkort	31
6.2	Fingeravtrykk-klassifiserer	31
6.2.1	Finn karakteristikk	32
6.2.2	Karakteristikk komprimering	34
6.2.3	Grov klassifisering	35
6.2.4	Fin klassifisering	35
6.2.5	Emitter database og database oppdatering	35
7	KONKLUSJON	37
APPENDIKS		
A	FORKORTELSER	38
	Litteratur	39
	Fordelingsliste	41



## SPESIFIKASJON AV ESM-DEMONSTRATOR

### 1 INNLEDNING

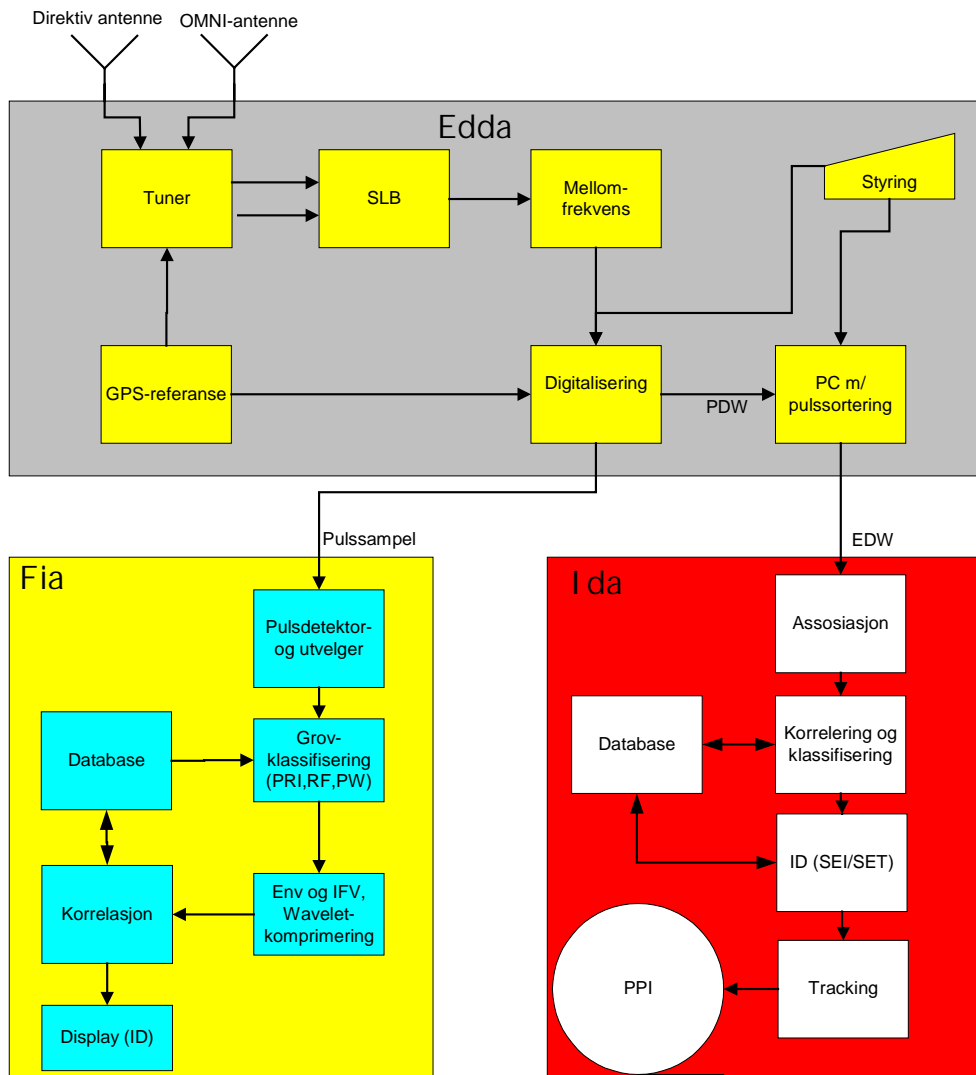
Prosjekt 805 PROFIL ved FFI skal bygge opp en ESM-demonstrator (Elektroniske Støtte Tiltak) som skal brukes til demonstrasjonsformål for Luftforsvaret. Sensoren skal kunne brukes til å teste ut nye algoritmer for emitteridentifikasjon (Spesifikk Emitter Identifikasjon og fingeravtrykksanalyse og emittertracking). I tillegg skal sensoren også ved duplisering kunne plasseres inn i et nettverk av sensorer slik at en kan teste ut metoder for fusjon av sensordata og posisjonsbestemmelse av emittere v h a tidsdifferanse (TDOA) målinger. I denne rapporten vil vi konkretisere enkeltkomponentene som inngår i demonstratoren. Spesielt vil det bli lagt vekt på å ta stilling til systemarkitektur for styring og dataflyt i sensoren.

Design av ESM-sensorer er ofte en vanskelig ballansegang for å oppnå stor sannsynlighet for oppsnapping av signal (POI), høy følsomhet og god retningsnøyaktighet i mange ulike scenarier. I designet av ESM-demonstrator i PROFIL vil det ikke bli lagt vekt på at sensoren skal kunne benyttes i alle tenkelige scenarier, og mot alle tenkelige emittere. Sensoren vil bli bygd opp med tanke på at den skal kunne detektere emisjoner i hovedsak fra kampflyradarer. Den vil imidlertid også kunne detektere og identifisere en lang rekke andre radarer (luftvernradar, fiskebåtradar, værradar på sivile fly m fl).

### 2 OVERORDNET ARKITEKTUR FOR SENSOREN

Den overordnede arkitekturen for ESM-demonstratoren kan funksjonelt deles inn i tre deler. Den ene delen (Edda) består av maskinvare i form av antenner, mottakere, samplingskort og styring av disse. Den andre delen (Fia) inneholder prosesseringsmoduler for å gjøre fingeravtrykk-analyse, og den tredje delen (Ida) utfører analyse og klassifisering av pulsord (PDW-er) samt emisjons/emittertracking som leder frem til MMI i form av et situasjonsdisplay som skal vise emitteraktiviteten som sensoren fanger opp. Det totale konseptet for ESM-demonstratoren er skissert i Figur 2.1. Hensikten med å gjøre denne inndelingen er:

- Arkitekturen avspeiler i stor grad datastrømmen i systemet.
- Det skal være minst mulig interaktivitet mellom modulene.



Figur 2.1 Totalkonsept for ESM-demonstrator. Systemet består av tre enheter. Selve ESM-sensoren (Edda) med antenne, mottakere og sampling, identifikasjons applikasjon (Ida) med klassifisering og identifikasjon basert på pulsbeskrivelsesord (PDW) og fingeravtrykks-applikasjon (Fia) basert på pulssampel

## 2.1 Edda –Mikrobølgeenhet med integrert kanalkort

Esm Digital Demonstrator (Edda) består av antenner, LNA, tunere, sidelobeblanking, GPS, samplingskort og styring av måleoppstillinga.

Styringen av maskinvaren gjøres vha en LabView –applikasjon. Denne styrer følgende:

- Antenne (Rotasjons-retning,-hastighet m m)
- Forsterkere og RF-filer
- Tuner: Frekvens, båndbredde.
- Sidelobe-kansellering (Av/På)
- GPS
- Håndtering av samplingskort (setting av input-parametre)
- Det kan være aktuelt å vise noen nøkkelparametre som antenneretning og frekvens i et enkelt display

## 2.2 Pulssorteringsenhet

Pulssorteringsenheten skal være en rask dll som kjøres via Labview på samme cPCI PC som styrer Edda. Pulssorteren setter sammen PDW-er til EDW-er. Disse skal så overføres til identifikasjonsmodul.

## 2.3 Ida - Identifikasjonsmodul

Identifikasjonsmodul skal handtere alle EDW-ene som kommer fra Pulssorteren. Det første som gjøres vil være å assosiere emisjoner som kommer fra samme retning. Deretter korreleres emisjonene mot en emitterdatabase for å finne emitterklassen. Emittere som gir positivt korrelasjonsresultat vil etter dette behandles noe ulikt emittere som ikke blir klassebestemt. En enhet for gjenkjenning av PRF-mønstre kan også være svært nyttig i fbm klassebestemmelse. Ofte vil en komme opp i situasjoner der en ny emitter ikke er lagret i databasen. Ved å analysere PRF-mønstrer over noen dwell er det mulig å si svært mye om den nye emitteren, slik at det senere er lett å kunne legge denne emitteren inn i databasen.

Neste trinn i identifikasjonsmodul er å gjøre spesifikk emitteridentifikasjon. Dette gjøres ved å sette sammen flere (ulike) PRF-er fra samme emitter, slik at krystaloscillatorfrekvensen kan finnes. For emittere med svært stabile lokaloscillatorer vil denne frekvensen være unik fra emitter til emitter av samme type. Det er dermed mulig å skille to radarer av samme type fra hverandre. Emittere som ikke er stabile nok vil ikke gi en entydig krystaloscillatorfrekvens.

For å kunne følge emitterne fra scan til scan er det viktig å implementere en trackingfunksjon som klarer å assosiere emisjoner fra samme vinkel fra scan til scan. Dette gjøres ved både å sammenligne retningen, samt å passe på at emitter-type og eventuelt SEI er det samme for hver oppdatering av tracket.

## 2.4 Fia - Fingeravtrykk

Fingeravtrykksanalysen er en krevende prosess, og utføres på en egen PC. Etter at pulser er samlet v h a oscilloscope, eller direkte fra kanalkortet blir dataene overført til PC-en og lastet inn i en Matlab-applikasjon. Her analyseres egenskapene til pulsene, før de blir korrelert med pulsbiblioteket. Identifiserte/gjenkjente pulser vises på hensiktsmessig display.

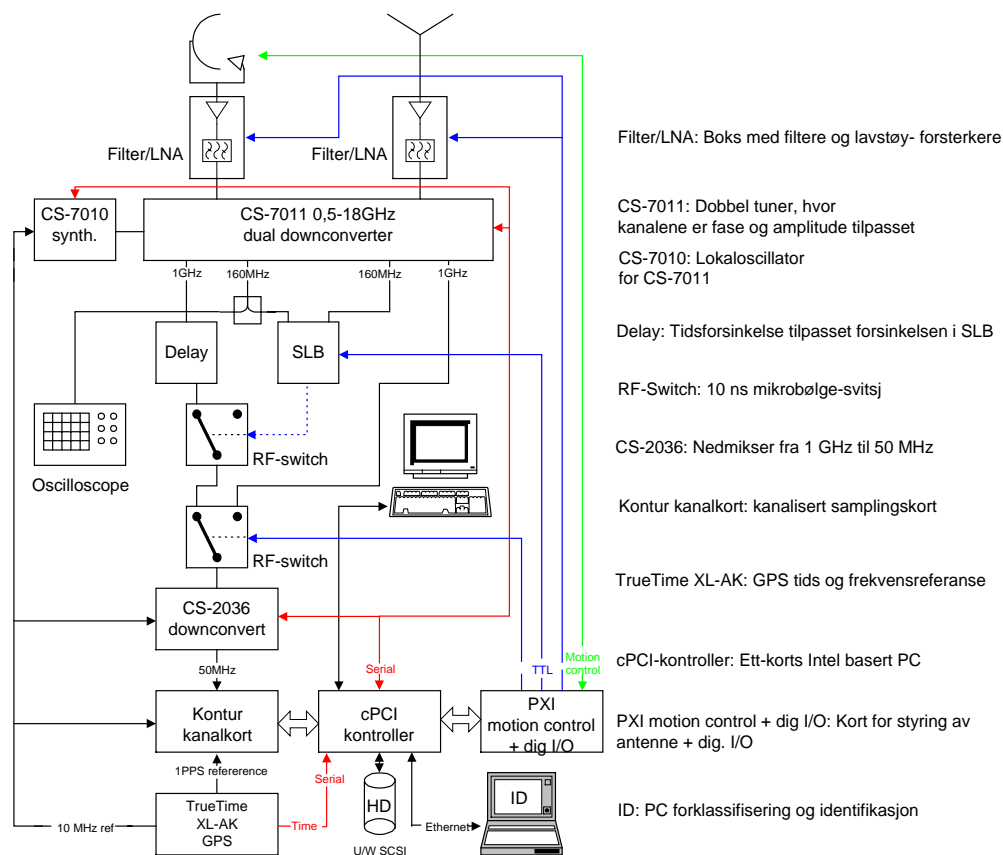
## 3 SPESIFIKASJON AV EDDA

Kapittelet beskriver oppbygning og sammensetning av Edda. En del av komponentene er allerede anskaffet, mens de resterende komponentene vil være på plass i løpet av 2001. De mest kritiske komponentene er Kontur kanalkort og mikrobølgetunerene.

### 3.1 Signalflyten i Edda

Figur 3.1 viser et blokkdiagram over Edda. Signalet fanges opp av to antenner, filtreres og forsterkes, og blandes ned til mellomfrekvens av to like tunere. Hvis en velger å bruke sidelobeblanking (se 3.1) vil signalet kun slippe videre hvis det kommer fra hovedloben til den

direktive antenna. Denne funksjonen kan slås av, slik at en kan velge å ta imot enten fra den direkte, eller den rundstrålende antenna. Den direkte antenna gir høy følsomhet, og den rundstrålende antenna gir høy sannsynlighet for oppsnapping av signal (POI). Signalet blandes ned til 50 MHz, og digitaliseres i Kontur kanalkort. Hvis signalet tilfredsstiller terskelbetingelsene for deteksjon, vil det ekstraheres en eller flere pulser fra kanalkortet, og disse sendes videre til en PC i form av pulsbeskrivelsesord (PDW). PC-en sorterer pulsene, og lagrer disse som emisjonsbeskrivelsesord (EDW). PC-en vil også benyttes for styring av måleoppstillingen, og logging av parametre som f eks tunerfrekvens og antennens pekeretning. EDW-ene sendes videre til en annen PC som foretar klassifisering og identifikasjon av emisjonene. Oscilloskopet skal samle inn data med høy samplingsrate for fingeravtrykk-analyse. Fingeravtrykk-analysen vil foregå ved etterprosessering av datafilene som samles inn av oscilloskopet.



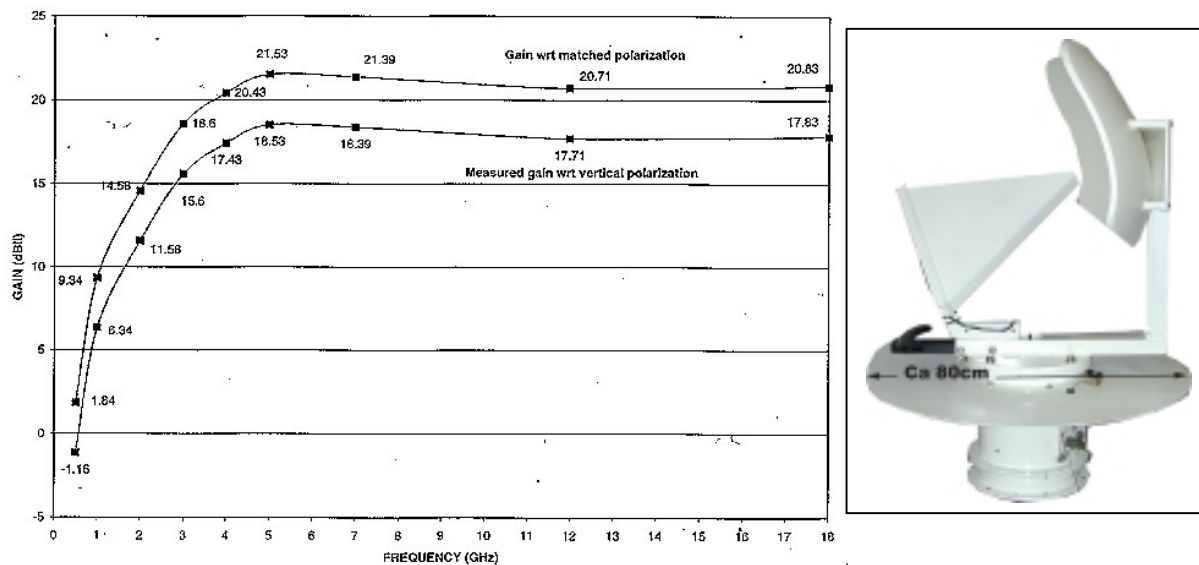
Figur 3.1 Blokkdiagram over Edda

## 3.2 Antenner og sidelobeblanking

### 3.2.1 Direktiv antenne

Den direkte antenna er levert av Decs, Inc. Den dekker frekvensområdet 0,5 - 18 GHz. Maksimal forsterkning er ca 21,5 dB ved 10 GHz og 45° (optimal) polarisasjon. Ved vertikal eller horisontal polarisasjon er forsterkningen ca 18,5 dB ved 10 GHz. 3 dB lobebredde er ca 3,2 grader ved 10 GHz. Antenna kan rotere med opptil 200 RPM. Den drives av en Baldor servoforsterker, og skal styres av et National Instruments PXI kontrollerkort. Programvare for styring av antenne skal utvikles i LabView. Forsterkning som funksjon av frekvens, og et bilde

av antenna er vist i Figur 3.2. Vanligvis er antenna utstyrt med en glassfiber radom for værbeskyttelse.



Figur 3.2 Forsterkning som funksjon av frekvens for den direkte antenna

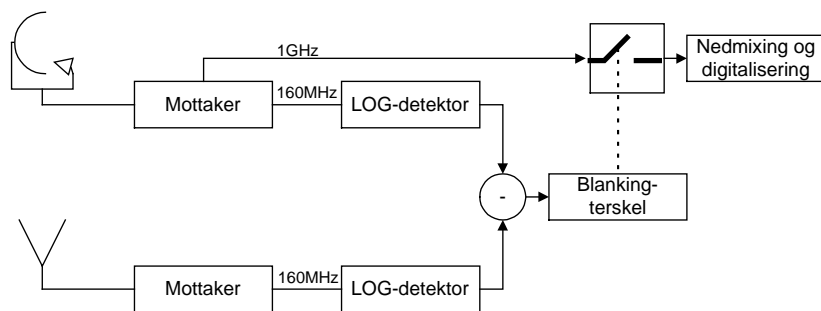
Originalt er antenna utstyrt med en optisk sensor som brukes for å nullstille retningen. I forbindelse med denne bør det vurderes å implementere en sensor for å finne nordretning. Denne kan f eks være basert på GPS.

### 3.2.2 Rundstrålende antenne

Den rundstrålende antenne skal hovedsakelig brukes til sidelobeblanking (se neste punkt), men skal også kunne benyttes i en høy POI kanal. Antenna bør dekke samme frekvensområde som den direkte antenne, men som et minimum må antenne dekke X-bånd. Forsterkningen bør være større enn forsterkningen i sidelobene til den direkte antenne. Dekningen i elevasjon bør være som for den direkte antenne.

### 3.2.3 Sidelobeblanking

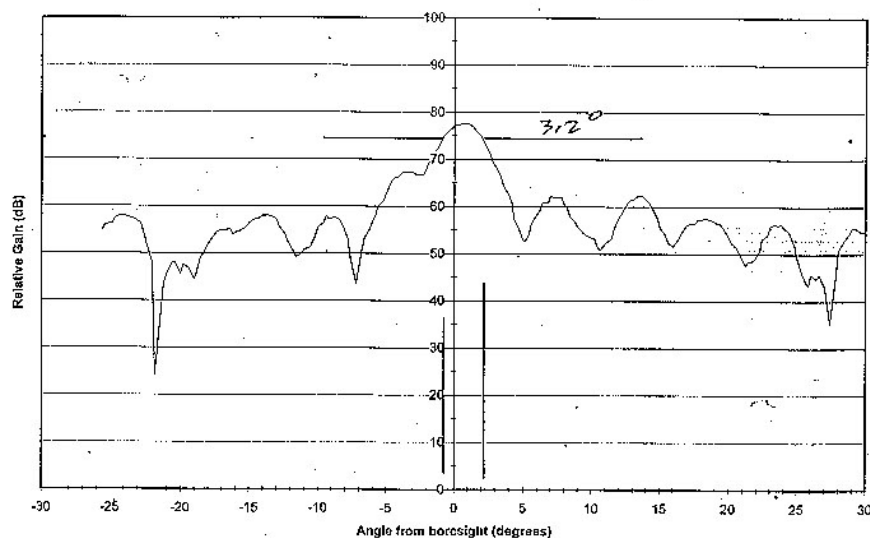
Det er ønskelig å utstyre den direkte antenne med sidelobeblanking (SLB) for å skille hovedlobedeteksjoner fra sidelobedeteksjoner. Uten dette vil det være umulig å oppnå en pålitelig retningsmerking av deteksjonene. Prinsippet for SLB er at en sammenligner signalet fra den direkte antenne med signalet fra en rundstrålende antenne som har en forsterkning som er større enn forsterkningen i den direkte antennes sidelobes. Hvis signalet er sterkest i den rundstrålende antenne kan en si at det er en sidelobedeteksjon. Figur 3.3 viser hvordan SLB er tenkt implementert i ESM-demonstratoren.



Figur 3.3 Implementering av sidelobe-blanking

For å detektere sideloper er det gunstig å bruke en rundstrålende antenne, siden hele antennediagrammet til den direkte antenne da kan dekkes. Spesielt må en ta hensyn til at den direkte antenne har en betydelig baklobe. Bakloben dekkes ikke av det medfølgende antennediagrammet, og må derfor måles. Hvis en nøyer seg med omtrent samme dekning i elevasjon for den rundstrålende antenne som for den direkte antenne er det mulig at en kan oppnå tilstrekkelig forsterkning. Hvis ikke må en forsterke signalet fra den rundstrålende antenne, eventuelt må signalet fra den direkte antenne dempes. Begge deler er ugunstig når det gjelder støy. En annen løsning er å bruke en hornantenne, og la denne rotere sammen med den direkte antenne. Dette lar seg gjøre siden det finnes et ekstra uttak på den direkte antennes rotary joint. Tilstrekkelig forsterkning for å komme over den direkte antennes sideloper vil være enkelt å oppnå med en slik løsning. For å dekke hele antennediagrammet til den direkte antenne må en antakelig bruke flere horn, noe som vil komplisere systemet betraktelig. Eventuelt må en nøye seg med blanking av sidelobene som ligger innenfor hornets åpningsvinkel.

Figur 3.4 viser antennediagrammet i horisontalplanet for den direkte antenne ved 10 GHz. Diagrammet viser at den sterkeste sideloben er bare ca 10 dB dempet i forhold til hovedloben. Dette betyr at det er lite å gå på når det gjelder valg av forsterkning for den rundstrålende antenne. Avveiningen blir å velge en forsterkning som gir rimelig sannsynlighet for å blanke sideloper, og samtidig en rimelig sannsynlighet for å slippe gjennom hovedlober.



Figur 3.4 Antennediagram for den direkte antenne, frekvens 10 GHz

### 3.3 Forsterkning og støy

Figur 3.5 viser signal og støynivå gjennom Edda. Som det framgår av figuren vil LNA gi det største bidraget til systemets støytemperatur. Data for LNA i figuren er fra en Miteq LNA som dekker frekvensområdet 6-18 GHz. Hvor stor forsterkning det er behov for vil avhenge blant annet av hvilket signalnivå Kontur kanalkort skal operere med. Dette må avklares med Datarespons AS så snart som mulig. En annen avveining er om en skal ha en lavstøyforsterker som dekker hele frekvensområdet, eller om en skal ha flere med smalere båndbredde. Det siste er mest gunstig når det gjelder støy, men vil kreve mere maskinvare. Prosjektet har allerede en boks bestående av lavstøyforsterkere, filtere og relèer, se (7), som vil dekke behovet i den primære mottakerkanalen (kanalen med den direktive antenna). Det må bygges en tilsvarende boks til SLB-kanalen hvis en ønsker full frekvensdekning i denne også. Dette vil komplisere systemet en god del, og en vil derfor begrense frekvensområdet i SLB-kanalen til å kun dekke X-bånd. For SLB-kanalen vil en da kun trenge en passende LNA, og eventuelt et relè for å kunne koble forbi LNA ved svært sterke signaler.

	System		System		Systembåndbredde		Signal/støyforhold	
	Støyfaktor		Forsterkning	støytemp	80 MHz		50 dB	
	4,8		43,5	579	Støygulv			
	dB		dB	K	-90,2	dBm		
	Støyfaktor	Forsterkning	Akkum. forst.	Støybidrag	Støy ut		Signal ut	
	dB	dB	dB	K	dBm	V	dBm	V
Antenne		-0,5	-0,5	35	-90,7	6,5E-6	-40,7	2,1E-3
Filter/relè		-1	-1,5	84	-91,7	5,8E-6	-41,7	1,8E-3
LNA	3	31	29,5	408	-60,7	206,4E-6	-10,7	65,3E-3
10m fødekabel (10 GHz)		-7	22,5	1	-67,7	92,2E-6	-17,7	29,1E-3
CS-7011 tuner	15	15	37,5	50	-52,7	518,3E-6	-2,7	163,9E-3
forsinkelse (10m kabel, 1 GHz)		-3	34,5	0	-55,7	367,0E-6	-5,7	116,0E-3
RF-svitsj		-1	33,5	0	-56,7	327,1E-6	-6,7	103,4E-3
50 MHz CS-2036 nedmikser	8	10	43,5	1	-46,7	1,0E-3	3,3	327,1E-3

Figur 3.5 Signal og støynivå gjennom Edda

### 3.4 Mikrobølgetuner

I Edda er det behov for to mikrobølgetunere. Hovedgrunnen til dette er SLB, men også for at det nye FFI-prosjektet Krest skal få muligheten til å gjøre interferometri. En tuner som ser ut til å være godt egnet er CS-7011 fra Communication Solutions Inc (ComSol). Dette er en dobbel VXI-tuner bygd sammen til en enhet. Kanalene er fase- og amplitudetilpasset. Den dekker frekvensområdet 0,5 - 20 GHz og har et støytall på 15 dB. Tuneren har en bredbåndet nedkonvertering til en mellomfrekvens (MF) på 1000 MHz med en båndbredde på 500 MHz. Denne MF-utgangen har en fast forsterkning på 15 dB i forhold til antenneinngangen. Videre har den en nedkonvertering til 160 MHz med båndbredde 80 MHz. Amplitudetilpasningen mellom kanalene er innenfor  $\pm 1$  dB, og fasetilpasningen er innenfor  $\pm 90^\circ$ .

I tillegg til CS-7011 skal prosjektet anskaffe en mikrobølgetuner som først og fremst vil bli brukt i delprosjekt 1. Her er det valgt en VXI-tuner av type CS-5040 fra ComSol. Den inneholder bare en mottakerkanal, men spesifikasjonene forøvrig er nokså like CS-7011. Støytallet er 13 dB mens CS-7011 har 15 dB. 160 MHz MF-utgangen har en forsterkning som kan styres med programvare fra 15 dB til 60 dB, mens CS-7011 har fast forsterkning. Det

filtrede 160 MHz signalet blir også ført til en detekterende logaritmisk forsterker. Denne utgangen er primært beregnet for trigging av datainnsamling. Denne utgangen finnes ikke på CS-7011.



Tuner type	CS-5040	CS-7011
Frekvensområde	0,5-20 GHz	0,5-20 GHz
Støytall	13 dB	15 dB
Maks inngangssignal	20 dBm	20 dBm
MF-senterfrekvens	1000 MHz	1000 MHz
MF-båndbredde	500 MHz	500 MHz
Forsterkning	15 dB	15 dB
MF-senterfrekvens	160 MHz	160 MHz
MF-båndbredde	80,10,2 og 0,5 MHz	80 MHz
Forsterkning	15-60 dB (prog. bart)	15 dB (fast)
LOG-video utgang	ja	nei

Figur 3.6 Tunerene CS-5040 og CS-7011 fra Communication Solutions Inc

### 3.5 Nedblanding til 50 MHz for KONTUR kanalkort

KONTUR-kanalkort har et inngangssignal på 50 MHz med en båndbredde på 80 MHz. Dette er ikke et standard utgangssignal og en spesiell enhet må derfor tilpasses dette formålet. Det er valgt en dobbel nedkonverter av type CS-2036 av VXI-standard som også blir levert fra ComSol. Enheten kan plassere senterfrekvensen innenfor frekvensområdet 750 – 1250 MHz, og konverterer signalet ned til 50 MHz og en båndbredde på 80 MHz. 50 MHz-utgangen har en forsterkning som kan styres med programvare fra -10 dB til +10 dB.



Frekvensområde	750 – 1250 MHz
Støytall	8 dB
Maks inngangssignal	+15 dBm
MF senterfrekvens	50 MHz
MF båndbredde	80 MHz
Forsterkning	-10 til +10 dB (programmerbart)

Figur 3.7 Dual down-converter CS-2036 fra Communication Solutions Inc

Nedblanderens kan styres ved hjelp av en serieport på fronten eller ved hjelp av VXI-bussen. Strømforsyningen er gjennom VXI-bussen.

### 3.6 Tid- og frekvenssynkronisering

En ESM-sensor som skal måle absolutt tid og frekvens eller tid og frekvens relativt til en annen



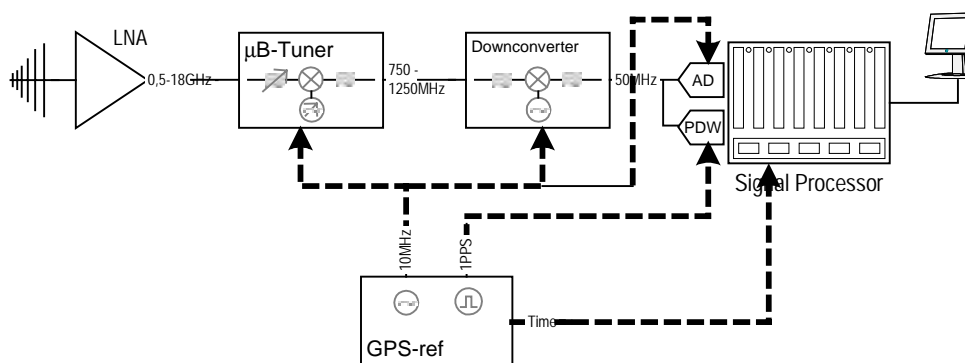
sensor må benytte en felles referanse. Dette kan utføres på tre forskjellige måter:

- Kalibrere sensorene mot hverandre før de plasseres ut. Dette vil medføre at sensorene må bringes sammen for kalibrering og er derfor lite egnet.
- Overføre kalibreringssignaler mellom sensorene. Dette krever en kommunikasjonslink med høy båndbredde og er derfor lite ønskelig.
- Kalibrere sensorene mot en ekstern tilgjengelig referanse. En god del systemer kan nyttes til dette formålet, og for en sensor for demonstrasjon av ESM-ytelser er GPS godt egnet.

Der nøyaktige tid- og frekvensmålinger er nødvendig vil vi benytte en GPS-referanse av typen TrueTime XL-AK. GPS-referansen har tre tilgjengelige signaler (1):

- RS-232 port hvor bl a tid og dato kan avleses. Nøyaktigheten på denne tidsangivelsen er relativt dårlig (noen hundre millisekund) pga signaloverføringen med en serieforbindelse og PC-ens operativsystems responstid.
- En utgang som gir en 20  $\mu$ s puls hvert hele sekund (1PPS). Den stigende flanken på dette signalet har en nøyaktighet på bedre enn  $\pm 100$  ns ( $\pm 150$  ns med S/A, som er en GPS-modus for å degradere nøyaktigheten). Pulsen har TTL-nivå og kan drive en 50  $\Omega$  inngang.
- Fire utganger som hver gir en 10 MHz sinus med 1 V<sub>RMS</sub> i 50  $\Omega$ . Den relative frekvensnøyaktigheten ( $\Delta f/f$ ) på dette signalet er bedre enn  $3 \cdot 10^{-12}$ . For tunerene vi benytter betyr det en frekvensnøyaktighet bedre enn 0,1 Hz. De utgangene som ikke er i bruk må termineres.

Synkronisering av de forskjellige delene av måleoppstilling er skissert i Figur 3.8.

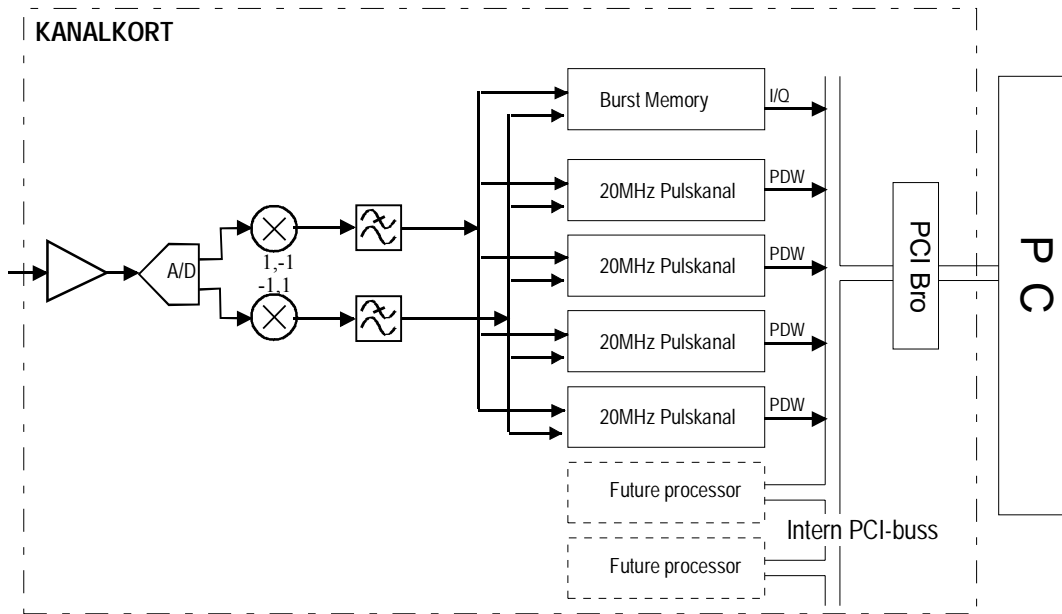


Figur 3.8 Tid- og frekvenssynkronisering av måleoppstilling

### 3.7 KONTUR-kanalkort

Hovedenheten for signalbehandling i måleoppstillingen vil være KONTUR kanalkort som produseres hos Datarespons AS. Kanalkortet er grundig spesifisert i (2), og bare hovedtrekkene

nevnes her. Figur 3.9 viser blokkdiagrammet til kanalkortet som har to hovedfunksjoner: Ekstrahering av pulsbeskrivelsesord (PDW) og lagring av A/D-omvandlet rådata.



Figur 3.9 Blokkdiagram av KONTUR kanalkort

Inngangssignalet til kanalkortet er 50 MHz mellomfrekvenssignal med båndbredde på 80 MHz. Inngangsspenningen til signalet er foreløpig ikke bestemt.

Datarespons leverer drivere for kommunikasjon med kortet og for lagring av data slik som beskrevet i (2). PROFIL utvikler programvare for styring og etterbehandling av data.

### 3.7.1 Ekstrahering av pulsbeskrivelsesord

Inngangssignalet (50 MHz) deles i fire pulskanaler på 20 MHz som uavhengig av hverandre ekstraherer pulser og bestemmer pulsparametre. Pulsbeskrivelsesordene (PDW) er gitt i Tabell 3.1

Parameter	Antall bit
TOA	32
Estimert bakgrunn	14
Kanal nummer	8
Fasevinkel, start	12
Start frekvens	12
Pulslengde	16
Antall faseskift	8
Antall puls dropp	8
Maks. Amplitude	14
Gjennomsnitt amplitude	14
Gjennomsnitt frekvens	12
<b>Totalt</b>	<b>150</b>

Tabell 3.1 Spesifikasjon av pulsordet (PDW) til KONTUR kanalkort.

### 3.7.2 Lagring av rådata

Kontur kanalkort skal leveres med drivere som forestår datalagring. Lagringshastigheten er noe begrenset i forhold til full kapasitet ut fra kanalkortet, slik at det ikke alltid vil være hensiktsmessig å lagre alle data.

## 3.8 Styring av måleoppstillingen og logging av parametre

Styring og logging av måleparametre skal foregå fra en PC som er en integrert del av måleoppstillingen, se Figur 3.1. De fargede linjene indikerer styresignaler. Setting av parametre for tuner, lokaloscillator og nedmikser er ikke tidskritisk, og vil sannsynligvis kunne foregå via RS232 seriekommunikasjon. Aktuelle parametre for setting og logging fra tunerne er frekvens, forsterkning og båndbredde der hvor dette kan settes. Lokaloscillatoren vil sannsynligvis være uaktuell å styre, mens nedmikseren har +/-10 dB programmerbar forsterkning som er aktuelt å styre via RS232. Hvis forsterkningen endres må settingen logges.

Absolutt tid fra GPS tidsreferansen vil overføres til PC-en via RS232, og 1PPS referansepulsene vil kobles til Kontur kanalkort via kabel. Styring av RF-svitsj, SLB og filter/LNA vil foregå via digitale I/O-porter på antennestyingskortet. Det bør være mulig å koble seg forbi LNA-ene via programvare. Hvis en velger å bruke et filter som kun dekker X-bånd, må det være mulig å koble seg forbi filteret via programvare. Status for disse settingene må også logges.

Antennestyingskortet styrer antennen via en Baldor servoforsterker. Fra programvaren skal en kunne sette rotasjonsretning og hastighet, starte/stoppe rotasjon, gå til posisjon og skanne en sektor. Antennestyingskortet får tilbakemelding om posisjon i form av enkoderpulser fra servoforsterkeren. Posisjonen vil bli lest av Kontur kanalkort, og lagt til som en av parametrene i PDW.

Setting og lesing av alle programmerbare parametre på Kontur kanalkort skal foregå fra samme PC som for styringen av resten av måleoppstillingen. Status for alle programmerbare parametre på Kontur kanalkort må logges.

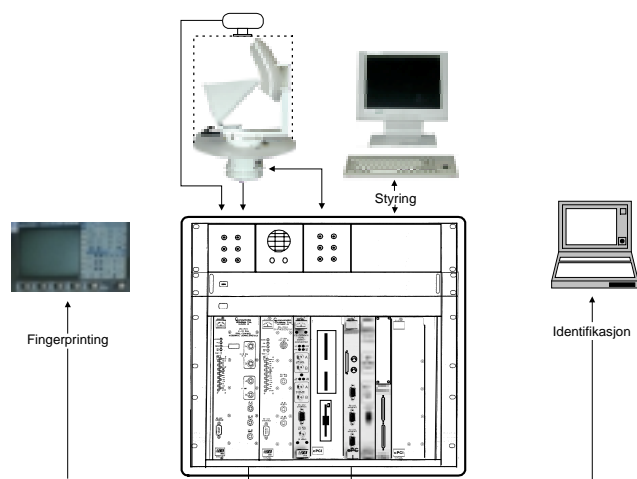
Programvare for styring og kontroll av hardware skal utvikles i Labview.

## 3.9 Kabinetter og styrings PC

### 3.9.1 Fysisk utforming av måleoppstillingen

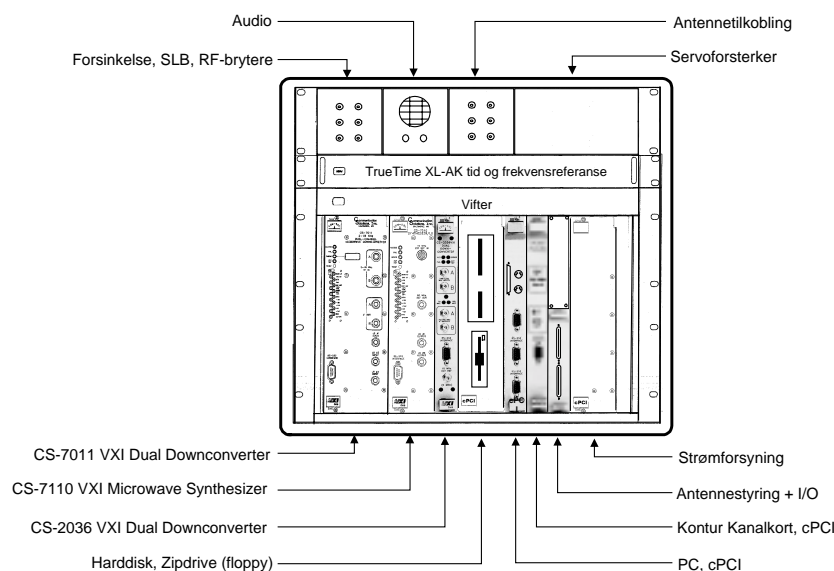
Figur 3.10 gir et omtrentlig inntrykk av hvordan måleoppstillingen vil se ut (ikke i skala). Sannsynligvis vil oppstillingen få plass i et chassis med standard bredde 19" og standard høyde 11U. Siden vi skal ha både VXI, cPCI og PXI enheter, blir det en del tilpasninger for å kombinere enhetene i samme chassis. Chassiset vil bli montert i en kasse med håndtak på sidene. Total bredde og høyde for kassen blir ca b x h 60x60 cm, og vekten vil bli anslagsvis 40 kg. Dermed kan måleoppstillingen flyttes av to mann. Bærbar PC, skjerm/tastatur og oscilloskop vil være egne enheter som ikke er montert i rack. Den rundstrålende antenna vil mest sannsynlig bli montert på toppen av radomen til den roterende antenna. Total vekt for antennene blir ca 35

kg, og må håndteres av to mann. Ved feltforsøk kan antennene eksempelvis monteres på taket av en bil.



Figur 3.10 Måleoppstillingens fysiske utforming

Figur 3.10 viser i større detalj enhetene som inngår i 19" raket. PC-en vil sannsynligvis bli av type 1-slot cPCI. For tiden er det tilgjengelig utgaver med Pentium 750 MHz CPU, 1Gb SD-RAM, Fast Ethernet, og skjerm og disk-kontroller. Siden denne PC-en skal håndtere pulssorteringen må den være så rask som mulig. Styring av måleoppstillingen skal foregå fra samme PC, men vil neppe legge beslag på mye av PC-ressursene. Det antas at pulssorteringen i perioder med mange emisjoner vil legge beslag på mye av CPU-ressursene til PC-en.



Figur 3.11 Enhetene i 19"- raket

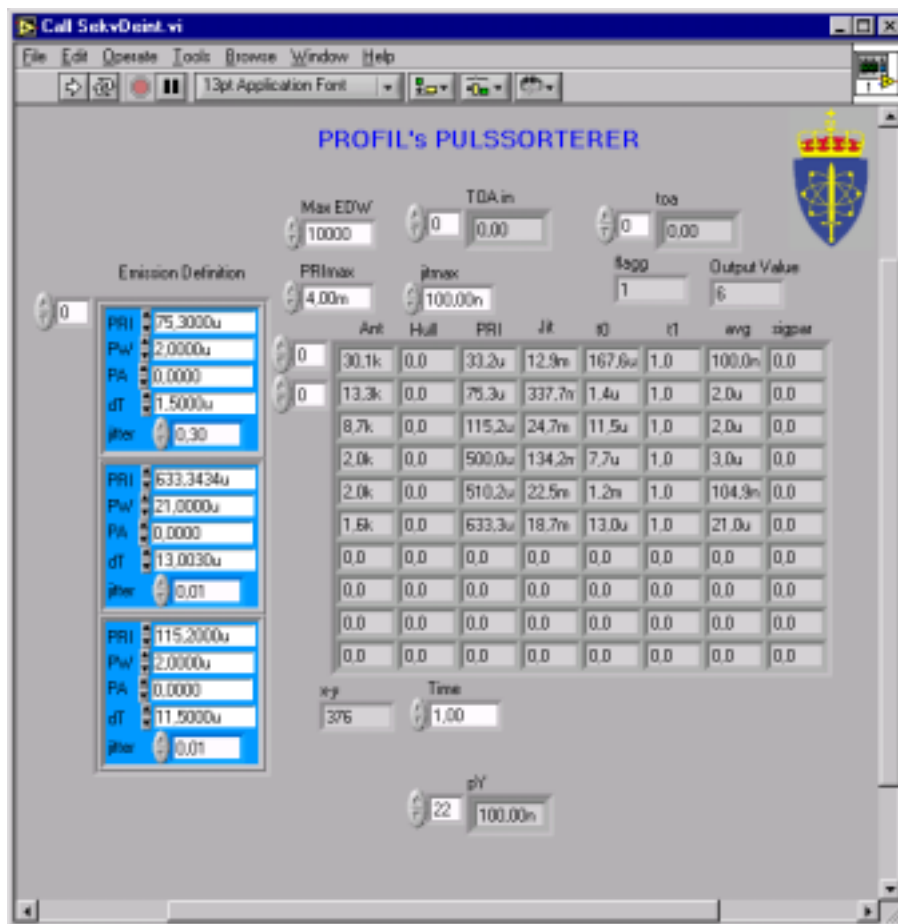
#### 4 PULSSORTERINGSENHET

Pulssorteringsenheten skal kunne sortere pulsene etterhvert som de blir overført fra kanalkortet til PC-en. Grunnprinsippene for pulssortering er beskrevet i (4). Her fremgår det at den til nå mest effektive sorteringsalgoritmen bygger på sekvensielle triplett-søk. Søkene gjøres innenfor bestemte PRF-grenser, og med varierende jitter-toleranse. På denne måten vil stabile og lave

PRI-er først bli detektert. Deretter vil man løpende detekttere større og større PRI-er. Til slutt vil man detekttere PRI-er med stort jitter. Hvert pulstog beskrives med et emisjonsdeteksjonsord (EDW) som overføres til videre prosessering i identifikasjonsmodulen. Dette EDW-et består av følgende parametre:

- Tidspunkt for første og siste puls
- Antall pulser, antall manglende pulser
- Retning
- PRI: Middelvei evt også Start/Slutt PRI
- Jitter
- Amplitude (Start, maks, middel, stopp)
- Pulslengde (middelvei og standardavvik)
- Frekvens (middelvei og standardavvik)

Pulssorteren er implementert i C++. Den skal operere på pulldataene fra Kontur-kanalkortet. Dataene aksesseres direkte i RAM via en dll-versjon (Direct Link Library) av pulssorteren. Denne dll-en skal kjøres under LabView. For øyeblikket er en demonstrasjonsversjon av dll-en oppgående i et LabView-program som genererer syntetiske pulstog. Hastigheten synes å være tilfredsstillende for enkle til moderate signalmiljø. I Figur 4.1 vises denne applikasjonen. Vi ser her at den er i stand til å sortere ca 50 000 pulser i løpet av 380 ms. Dette må ansees å være tilfredsstillende.



Figur 4.1 Labview-applikasjon som sorterer 6 sammenblandede pulstog.

Det gjenstår noe arbeid for å optimalisere pulssorteren. Noe av dette arbeidet må vente til Kontur-kanalkortet er ferdig, mens andre ting kan forbedres slik applikasjonen er nå.

Arbeid som gjenstår:

- Forbedret ytelse: Hurtighet, minnehåndtering
- Forbedre datahåndtering –Beholde ”track” på PRI fra et buffer til det neste
- Overføre pulser som ikke danner pulstog til neste buffer
- Sortering på frekvens og retning
- EDW-format: Hvordan karakterisere pulstog som forandrer seg over tid ( f eks amplitude-trender, PRI-rampe etc
- Output: TCP-IP dataoverføring til identifikasjonsmodul
- Funksjonalitet for å sortere data som er lagret på fil (off-line prosessering)

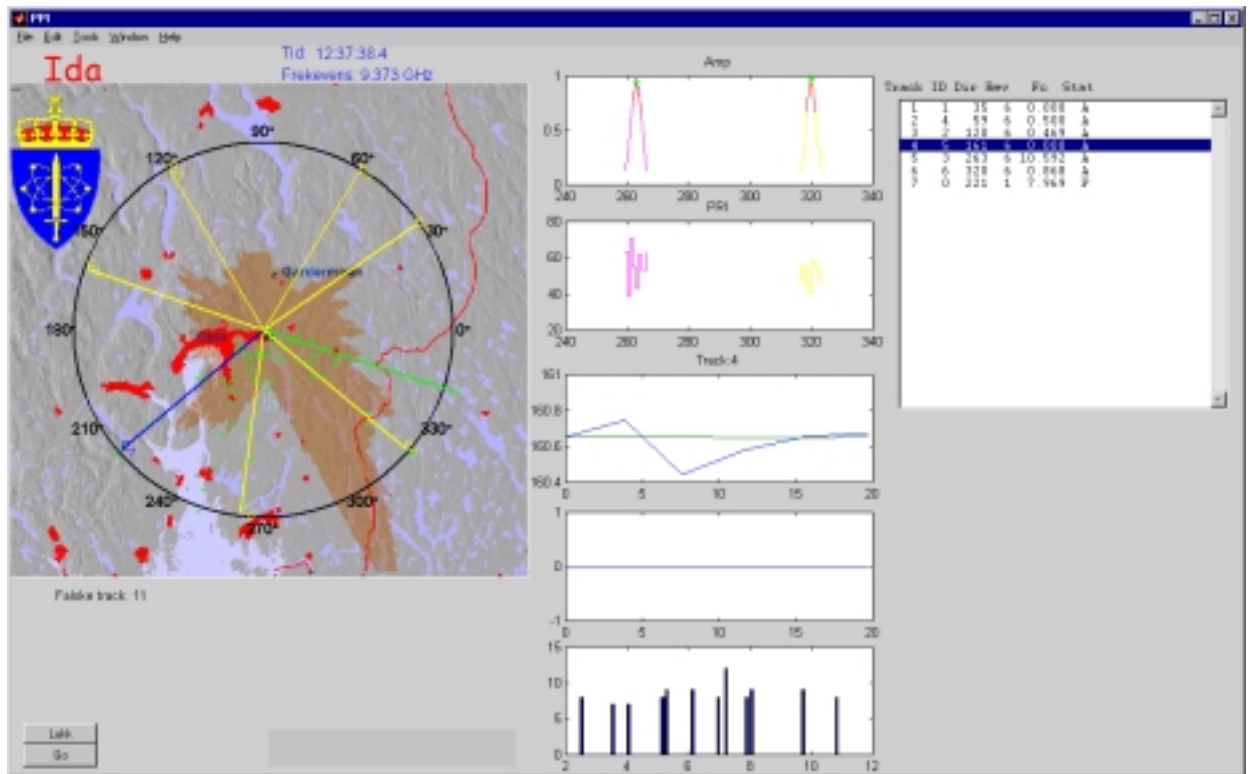
Kontur-kanalkortet gir nye pulskaraktistikker, som vi har liten erfaring med. Det må i noen grad studeres om parametre som frekvens og antall faseskift skal brukes som sorteringskriterier eller om de bare skal logges i EDW. Videre vil det også måtte gjøres et betydelig arbeid med å fjerne/ redusere/ lime sammen deteksjoner som skjer i to eller flere signalkanaler. Dette kan f eks være et problem ved svært korte pulser, eller pulser som har fase/frekvens kompresjon.

## 5 IDENTIFIKASJONS-MODUL

All ID-prosessering foregår på egen spesialdedikert PC. Denne får overført data fra PC-en som gjør pulssortering. Vi antar at pulssorteringen komprimerer datamengden så mye at det skal være mulig å lagre unna dataene (EDW-er) på en harddisk, slik at en kan lese dataene i Matlab og analysere dem der. Dette gjør det betydelig enklere å prototype de enkelte komponentene i ID-boksen.

### 5.1 Funksjonell virkemåte

ESM-sensoren skal, i hht Prosjektavtalen for PROFIL (Vedlegg V3.2.1), ”...presentere et forenklet bilde av emitteraktiviteten. Emittere som blir identifisert skal vises med symbolikk. Emittere som ikke blir identifisert skal også vises.” Dette innebærer i praksis at systemet må kunne vise alle emittere som funksjon av retning i en PPI (Plan Position Indicator). Hver identifisert emitter vises med en retnings-strobe. Emittere som blir identifisert på klasse-nivå kan vises med hensiktsmessige symboler som viser om det er snakk om flyradarer, båtradarer eller bakkebaserte radarer. Når emitterne er typegjenkjent (f eks AN/APG-66) kan dette settes, eller en kan evt assosiere det med en bestemt flytype (f eks F-16). Her kan det også være aktuelt å gjøre trusselvurdering (venn, fiende, nøytral) ved bruk av ulike farger. PPI-et må også vise status for mottakeren (dvs gjeldende antenneretning, frekvens, båndbredde etc). Når emittere ikke blir identifisert vil en ikke kunne vise annet enn retninga. Emittere som blir individgjenkjent vha SEI kan vises på andre måter. Det sentrale displayet skal også ha knapper for f eks å kunne foreta start/stopp i lagring av data. Et eksempel på hvordan displayet kan se ut er vist i Figur 5.1. Her vises displayet til en matlab-applikasjon som analyserer syntetiske ESM-data. Programmet brukes til å teste ut teknikker, og vil i framtiden kunne arbeide på virkelige ESM-data.

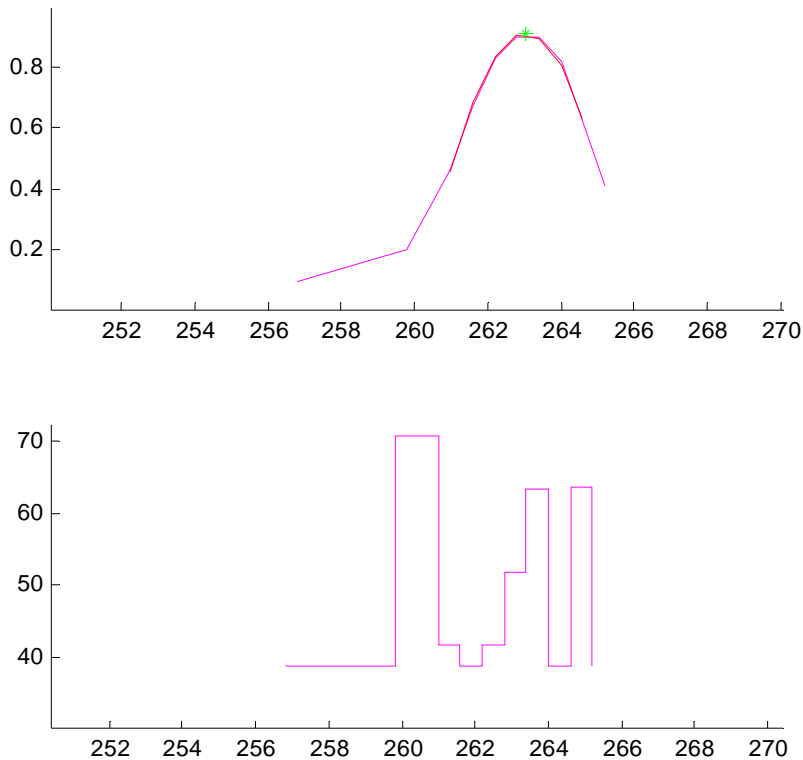


Figur 5.1 Systemdisplay med PPI, trackliste, display for plotting av utvalgte data (meldingsvindu og annen klikke-funksjonalitet implementeres underveis).

### 5.1.1 Trackliste og mer detaljert informasjon

I tillegg til en PPI må en også ha funksjonalitet for å vise mer detaljert informasjon om hver emitter som opptrer på PPI-en. Dette kan f eks vises i track-lister. Her kan en vise informasjon om retning, PRI, pulsbredde og frekvens. En kan også gi tracking-informasjon om f eks hvor lenge emitteren har blitt tracket og en mer detaljert beskrivelse av emittertype/emitterplattform.

Det kan også være aktuelt å lage klikkebaserte løsninger slik at en f eks kan klikke på en av emitterene for å få fram mer detaljert informasjon om denne. En skal kunne vise PRF-mønsteret, sidelobe-strukturen og resultater fra SEI-prosessering. Videre kan det være aktuelt å vise en mer detaljert informasjon om resultatet fra databasekorrelering (man kan f eks vise hvilke andre emittere som signalene kan stamme fra hvis det er tvetydigheter). Tracking av vinkelendring over tid skal også kunne vises.



*Figur 5.2 Mer detaljert informasjon fra signalbehandlingen. I det øverste plottet vises hvordan amplituden til signalet fra en emitter varierer som funksjon av vinkel. Retningen estimeres til å være der signalet er sterkest. Det nederste plottet viser forandring av PRF som funksjon av vinkel (eller tid).*

### 5.1.2 Tilbakekopling og automatisk styring av HW

Det må vurderes om det er behov for å kunne gjøre automatisk tilbakekopling til Edda (tuner, antenne etc) direkte fra Ida. Slik tilbakekopling kan være ønskelig f eks for å tilpasse demping, styre sensoren i bestemte retninger eller endre tuner-innstillinger. Automatiske kalibreringsrutiner kan implementeres. Ulempen er at system-arkitekturen blir mer komplisert med to-veis kommunikasjon. I tillegg må det nevnes at Edda skal kunne styres på sin egen PC. For å kunne analysere om dempningen er satt riktig i forhold til tilgjengelig dynamikk i AD-konverter og de aktuelle signal-til-støy nivå kreves en relativt omfattende signalprosessering. Denne signalprosesseringen vil måtte foregå parallelt med ID-prosesseringen i Ida. I det aktuelle utviklingsverktøyet, Matlab, er multi-threading ikke tilgjengelig. Det er derfor svært tvilsomt om det er ønskelig å implementere automatisk styring av Edda fra Ida.

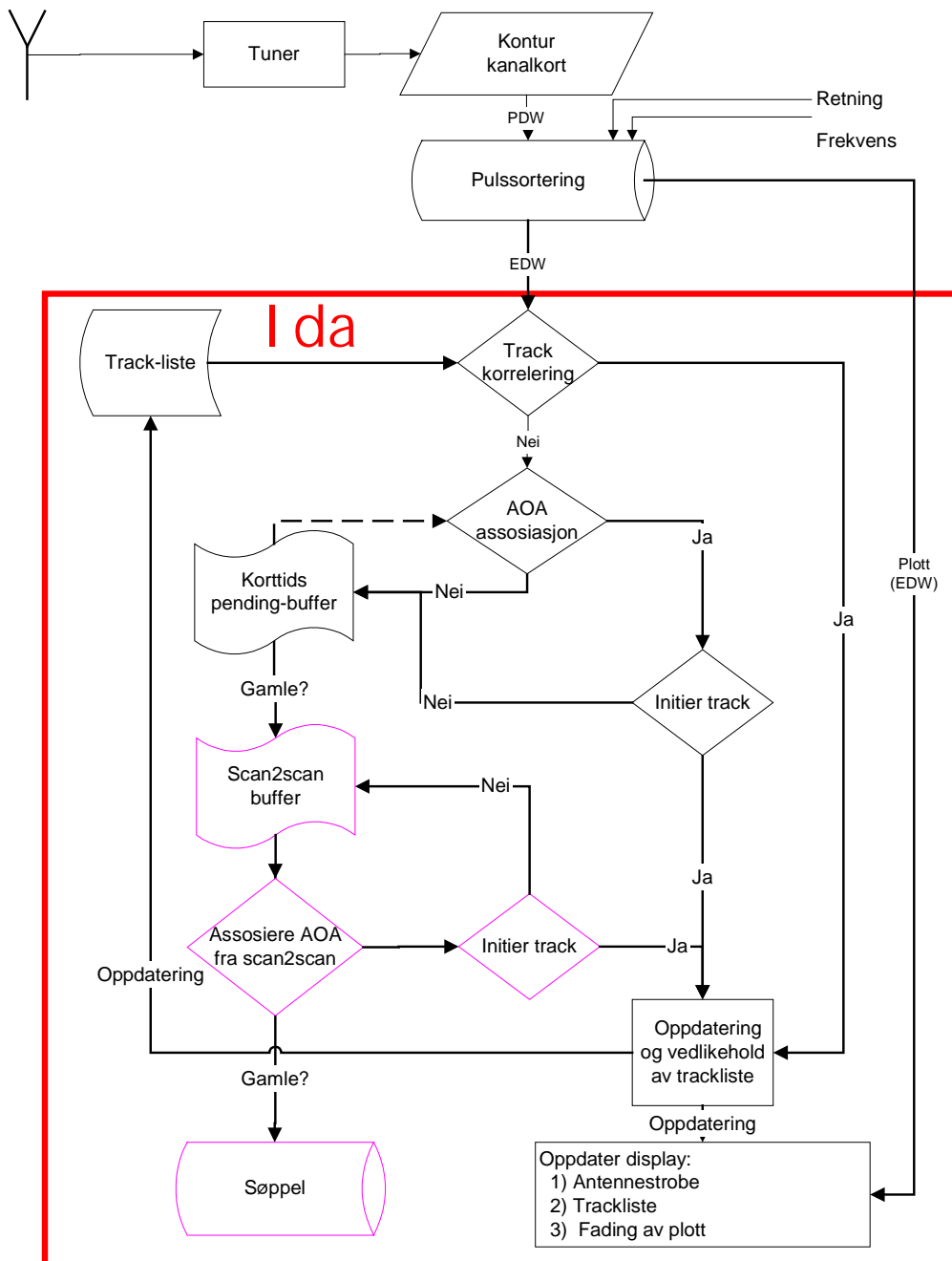
Ønsket om å kunne kople Ida til andre ESM-sensorer, f eks allerede eksisterende sensorer i det norske Forsvaret, er en annen grunn til at dette heller ikke er ønskelig. Det vil være mye enklere å tilpasse Ida til en annen sensor dersom en slipper å ta stilling til hvordan sensoren skal kunne styres.

## 5.2 Tracker

Ved å tracke emisjoner basert på type og retning vil langt de fleste emittere kunne separeres.



Tracking er en løpende prosess der alle innkommende emisjoner assosieres, utnyttes til å oppdatere trackene og settes i bero inntil de kan assosieres. Trackene vil være pågående prosesser skapes, oppdateres, avsluttes og settes i ulike ventemodi. I Figur 5.3 vises arkitekturen for trackingen slik den er tenkt å foregå i ESM-demonstratoren.



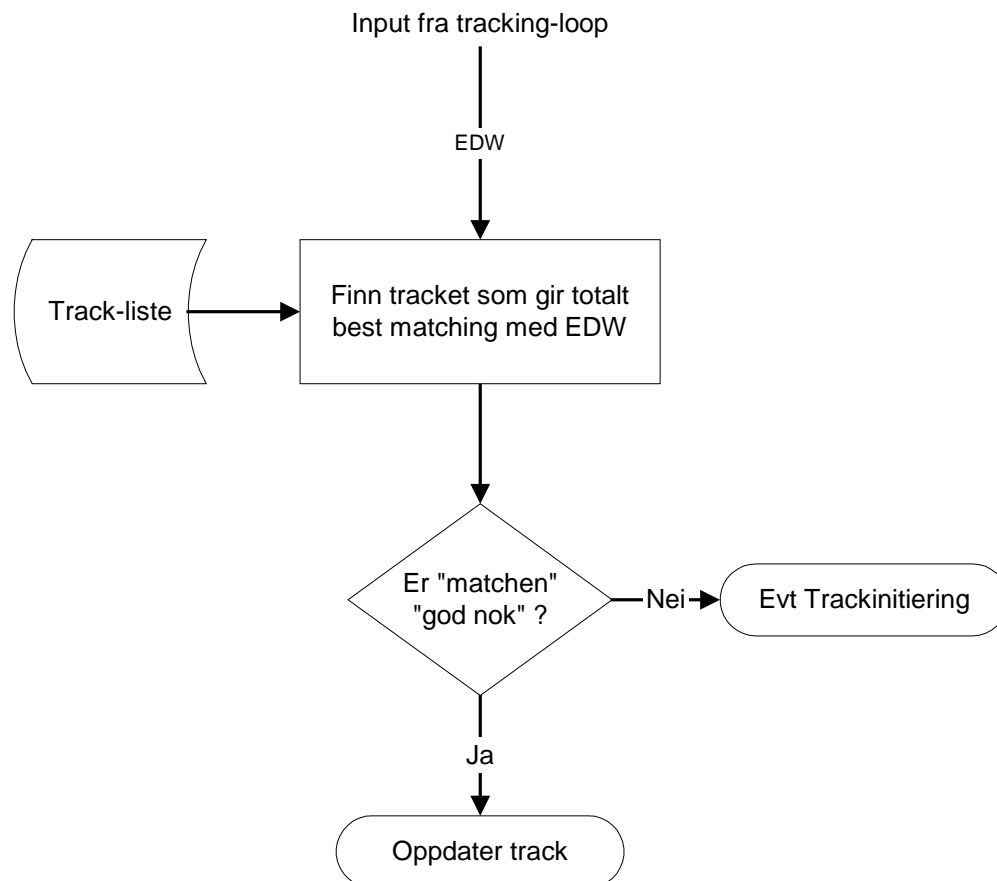
Figur 5.3 Overordnet tracking-arkitektur

Som vi ser i Figur 5.3 er tracking-loopen drevet av EDW-er som blir overført fra pulssorteren. Det første som skjer er at EDW-ene blir korrelert med eksisterende track. EDW-er som passer inn i eksisterende track blir fjernet; deretter oppdateres det gjeldende tracket. Hvis EDW-ene ikke passer inn i eksisterende track må en forsøke å opprette nye track dersom datamaterialet tilsier dette. En er da avhengig av at track ikke blir generert på bakgrunn av støy og krever derfor at det skal være relativt mange pulser i en bestemt retning før et track deklarerer. Dersom sist ankomende EDW ikke kan grupperes sammen med tidligere EDW-er slik at et track kan etableres, er det nødvendig å sette denne i en venteliste til den eventuelt kan være med på å

etablere et track. Dersom dette tracket kan assosieres med andre EDW-er fra samme retning er neste trinn å etablere et track. Til slutt skal alle trackene oppdateres.

### 5.2.1 Korrelering med track-liste

I dette trinnet undersøkes om den nye EDW tilhører et av de eksisterende trackene dette gjøres ved først å finne det tracket som passer best overens med EDW-en. Her må en sammenligne både retningen og signalparametrene (dvs identiteten). Siden vår tracker skal kunne håndtere flere ulike typer identitet, samt ingen identitet (bare retning) må kriteriene for korreleringen være forskjellig fra track til track.



Figur 5.4 Logikk for track-korrelering

Når en EDW gir positiv korrelasjon med et av trackene i track-lista skal tracket oppdateres, samt at PPI-en skal oppdateres. Når en EDW ikke blir identifisert med et av database-elementene skal EDW-en føres videre i prosesseringen slik at nye track kan initieres. Det første trinnet i trackinitieringen er å assosiere noen EDW-er til hverandre (basert på retning og ID). Det er ikke ønskelig å starte opp et track kun basert på en EDW, siden vi ønsker å ha en viss terskel mot falske alarmer.

### 5.2.2 Assosiering basert på retning

Dersom den nye EDW-en ikke ga positiv korrelasjon med tracklista må en prøve å sette igang en prosess som eventuelt kan lede til et nytt track. Dette gjøres først ved at en prøver å assosiere EDW-ene som kommer fra grovt samme retning med hverandre. Kriteriet for å innlede tracking vil være at det kommer mange nok emisjoner fra en retning (hvis f eks 3 EDW-er av høy

kvalitet kommer fra en bestemt retning, vil det kunne være nok til å innlede tracking). Dersom kriteriet for innledning av tracking ikke er oppfylt, sendes EDW-ene til en venteliste slik at de på et senere tidspunkt skal kunne assosieres til en bestemt retning. Denne delen av loopen er litt komplisert. Poenget er imidlertid at en løpende må assosiere EDW-er fra samme retning slik at disse kan bli forsøkt karakterisert og identifisert. Dette er en forutsetning for senere vellykket tracking. På et eller annet tidspunkt vil det ikke være mulig lenger å korrelere EDW-er på denne måten (typisk etter 50-200 ms avhengig av antennas rotasjonshastighet). Da sendes EDW-en til et nytt vente-buffer der en gjør AOA-assosiering fra scan til scan.

### 5.2.3 Assosiering fra scan til scan

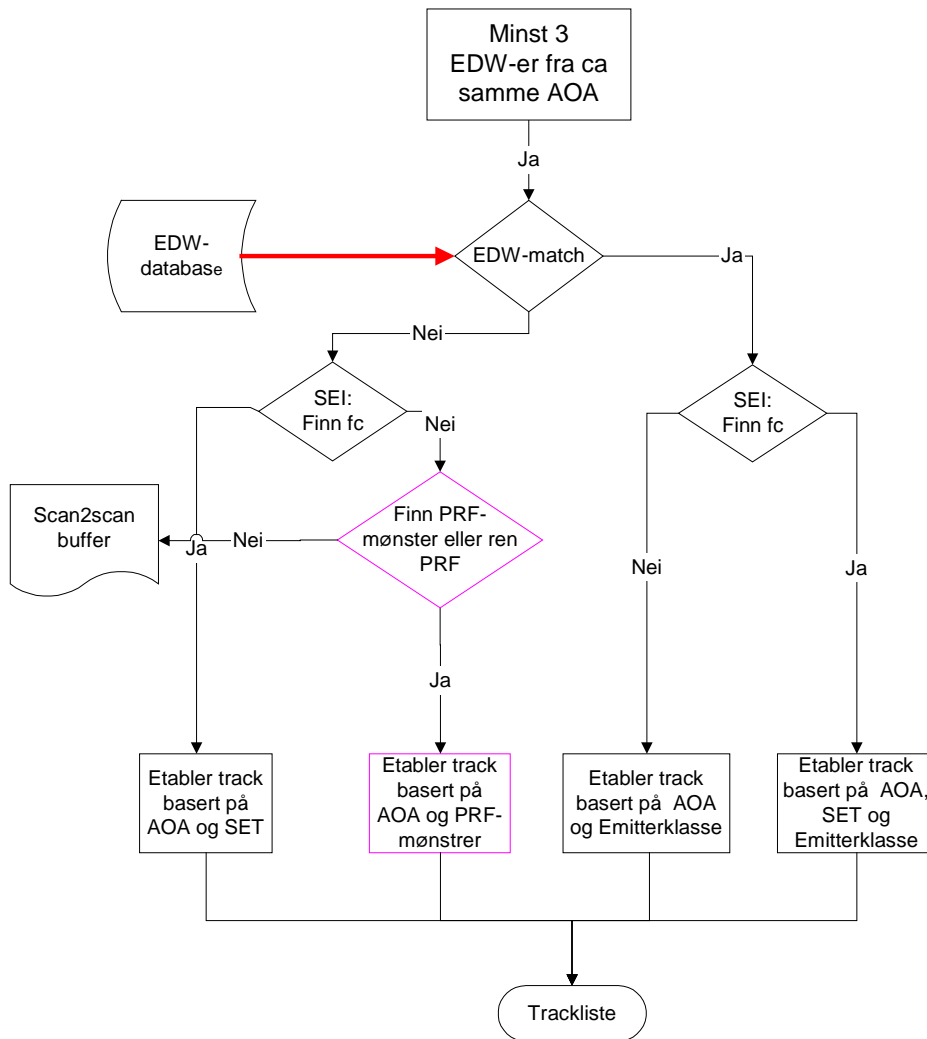
Når vi har for få emisjoner til å deklare et track etter en antennepassering er det ønskelig å implementere funksjonalitet slik at emittere kan bli assosiert dersom det også blir mottatt signal ved passering i den samme retningen neste gang antenna passerer. I dette tilfellet må EDW-ene fra vente-bufferet analyseres fra scan til scan. Dersom to (eller tre) emisjoner fra samme retning har andre sammenfallende karakteristikk (f eks samme type, samme ukjente PRI eller samme krystallosillatorfrekvens) kan disse assosieres.

### 5.2.4 Initiering av track

Denne delen av trackingloopen er den mest kritiske delen siden det er her flere EDW-er må sees i sammenheng. Her tas også alle beslutninger for om track skal opprettes eller ikke. I tillegg vil all identifikasjon foregå i denne loopen. Vi vil derfor beskrive utførlig enkelte deler av loopen. Blokk-skjema for trackinitiering er gitt i Figur 5.5. Input til loopen er (se 5.2.2) minst 3 EDW-ene som kommer fra samme retning. Det første som gjøres nå er å korrelere EDW-ene med emitterdatabasen (se avsnitt 5.3-5.4). Dersom alle EDW-ene kommer fra samme emittertype vil vi nå gå videre med å finne en spesifikk emitter identifikasjon (SEI), hvis vi finner krystallosillatorfrekvensen vil vi kunne bruke denne til å ha en svært nøyaktig tracking, hvis ikke initieres en annen type track som der kun emitter-typen er kjent.

Dersom korreleringen med emitterdatabasen ga negativt resultat er det mulig å starte tracking likevel, men det er nødvendig å assosiere parametrene på en eller annen måte. For øyeblikket kan vi tenke oss tre alternativer.

- SET: Her finner vi krystallosillatorfrekvensen ut fra 3 eller flere PRF-er. Dette vil typisk kunne skje hvis en oppdager nye MPRF-emisjoner fra en kampfly-radar.
- PRF-mønster: Noen radarer, f eks Haukåsen ATC-radar, sender med et relativt enkelt PRF-mønster, men har for ustabil krystallosillator til at vi kan tracke den med SET. Her vil det være bedre å gjenkjenne emitteren på mønsteret.
- Konstant PRI. F eks fiskebåt –radarer som vi ikke kjenner fra før.



Figur 5.5 Initiering av track.

### 5.3 Databasekorrelator

Databasekorrelatoren sammenlikner hver EDW med alle emitterne i databasen og finner den emitteren som stemmer best. Vi antar at EDW består av egenskapene  $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_M)$ . Disse kan f eks være PRI, bærefrekvens og pulslengde. Vår database har tabulerte verdier for de tilsvarende egenskapene samt standardavvik for hver av parametrene. Databaseelement  $k$  består da av middelværdi:  $\boldsymbol{\mu}^{(k)} = (\mu_1^{(k)}, \mu_2^{(k)}, \dots, \mu_M^{(k)})$  og standardavvik  $\boldsymbol{\sigma}^{(k)} = (\sigma_1^{(k)}, \sigma_2^{(k)}, \dots, \sigma_M^{(k)})$ . Et mål for forskjellen mellom målt puls  $\mathbf{x}$  og elementene i databasen er Mahalanobis normen (5)

$$L^{(k)} = [(\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu}^{(k)}) \cdot \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \cdot (\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu}^{(k)})^T]^{1/2}, \quad (5.1)$$

der  $\boldsymbol{\Sigma}$  er kovarians-matrisa til målingene som er opphavet til databasen. For å finne det database-elementet som passer best med vår EDW  $\mathbf{x}$  må vi finne det databaseelementet som gir minst  $L^{(k)}$ . I vårt tilfelle vil vi med stor sikkerhet kunne anta at de ulike elementene (PRI, CF og PW) er statistisk uavhengige, slik at  $\boldsymbol{\Sigma}$  kun består av standardavviket på diagonalen:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_1^{(k)2} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2^{(k)2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_3^{(k)2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \sigma_M^{(k)2} \end{bmatrix}. \quad (5.2)$$

Da blir Mahalanobis-normen forenklet til:

$$L^{(k)}(\mathbf{x}) = \sum_{n=1}^M \frac{(x_n - \mu_n^{(k)})^2}{\sigma_n^{(k)2}}. \quad (5.3)$$

Database-elementet som er ”nærmest”  $\mathbf{x}$  blir da:

$$\hat{k} = \arg \min (L^{(k)}(\mathbf{x})). \quad (5.4)$$

Neste trinn er nå å bruke terskling for å bestemme om dette elementet er ”nært nok”, dvs om det er tilstrekkelig stor sannsynlighet for at vår målte EDW er den samme emittertypen som database-element  $k$ . Sannsynligheten for at dette er tilfelle er

$$P(\mathbf{x} | k) = \exp(-L^{(k)} / 2). \quad (5.5)$$

En passende terskel må settes i forhold til hvor stor databasen er, men i mange tilfeller vil 50 % sannsynlighet være rimelig. Da får vi

$$\exp(-L^{(k)} / 2) > 0.5 \quad \text{eller} \quad L^{(k)} < 2 \cdot \ln 2 = 1.4. \quad (5.6)$$

Databasekorrelering implementeres i Matlab.

## 5.4 Emmitterdatabaser

Datebasene implementeres i et enkelt format (f eks tekst) som leses ved oppstart av ID-programvaren. Databasen skal inneholde middelvei for bærefrekvens, PRI og pulsbredde, og deres standardavvik. I tillegg må det vurderes om andre parametre som antall pulser per emisjon, fasekoding osv skal indekseres i en database. Følgende databaser vil være aktuelle:

- Standard emitterdatabase for PRI, bærefrekvenser, pulslengder etc
- Database for krystall-oscillatorfrekvenser (SEI)
- Database for PRF-mønstre
- Kandidat-database: Midlertidig database for nye emittere som ikke er typegjenkjent, og spm foreløpig ikke er inspisert av operatør

Eksempel på databaseformat for standard databasen er visst i Tabell 5.1:

Emitter	Modus	$\mu_1$ , PRI ( $\mu\text{s}$ )	$\sigma_1$ , PRI ( $\mu\text{s}$ )	$\mu_2$ , RF (MHz)	$\sigma_2$ , RF (MHz)	$\mu_3$ , PW ( $\mu\text{s}$ )	$\sigma_3$ , PW ( $\mu\text{s}$ )	Antall pulser
1	1.1	110.10	0.12	9654.0	1.20	1.20	0.50	120
1	1.2	112.31	0.12	9654.0	1.20	1.20	0.50	126
2	1	1143.64	1.00	.	.	.	.	.
3	1	.	.	.	.	.	.	.
4	1	.	.	.	.	.	.	.
5	1.1	.	.	.	.	.	.	.
5	2.2	.	.	.	.	.	.	.
6	1	444.53	.	.	.	.	.	.

Tabell 5.1 Eksempel på databaseformat. Tallene er fritt oppdiktet.

#### 5.4.1 Databasefunksjonalitet

Det bør legges inn funksjonalitet i PPI-en slik at nye emisjoner som oppdages skal kunne tas vare på, slik at de lett kan legges inn i emitterdatasen dersom operatøren ønsker det. På samme måte som beskrevet i neste kapittel, er det nødvendig å implementere ”hurtig-databaser” slik at nye PRI-er blir tracket dersom de synes å komme fra nye emittere. Informasjonen skal deretter forfines ved å akkumulere mange emisjoner fra samme emitter slik at det lett kan genereres nye database-element så snart operatøren kan si noe om opphavet til emisjonen, og gå god for at det nye databaseelementet ikke er spuriøst.

#### 5.4.2 Tvetydighet

Alle databaser innehar en viss sannsynlighet for å gi usikker identifikasjon når mengden av elementer som skal være med i databasen blir stor. For vårt tilfelle ansees dette ikke å være noe stort problem når det gjelder klasse-bestemmelse, da det vil være svært få klasser av emittere det vil være snakk om. I noen tilfeller, som f eks under NATO øvelser, kan vi imidlertid i ekstreme komme borti situasjoner der vi har 20-30 ulike emittertyper i de frekvensområdene vi undersøker. Da kan det være ønskelig i ha funksjonalitet for å kunne sjekke om databasen inneholder tvetydigheter. D v s at ingen, eller så få som mulig, av databasens elementer overlapper i det 3-dimensjonale rommet (PRI,RF,PW). Slike tvetydigheter vil kunne gjøre databasen ubrukelig.

Tvetydigheter forventes å være et større problem når databaser over krystalloscillatorfrekvenser skal opprettes. Her vil det kunne være små forskjeller mellom oscillatorfrekvensene fra ulike radarer, slik at det er vanskelig å skille effekter fra målestøy og effekter p g a systematiske forskjeller fra ett krystall til et annet. En mulig måte å gjøre dette på er ved å gjøre egenkorrelering. Ved å beregne korrelasjonsresultatet når alle elementene i databasen korreleres med hverandre, vil en kunne detektere tvetydighetsproblemer. Elementer som er svært like kan da p g a målefeil bli forvekslet i ID-prosesseringen.

### 5.5 Krystalloscillator frekvens (SEI)

Spesifikk Emmitter Identifikasjon (SEI) identifiserer de emisjonene (EDW-er) som kommer fra samme emitter, og SEI baserer seg på at man kan finne en unik egenskap ved den aktuelle emitteren. Radarens PRF er avledet fra en unik krystalloscillatorfrekvens  $f_c$ , og kan uttrykkes som:

$$PRF_n = \frac{f_c}{k_n} \quad \text{der } k_n \in N \quad (5.7)$$

Dersom man kan bestemme krystalloscillatorfrekvensen med stor nøyaktighet har man funnet en unik egenskap ved den aktuelle emitteren. Ved måling av en PRF vil det imidlertid ikke være mulig å utlede  $f_c$  siden nevneren  $k_n$  er ukjent, men dersom man har målt to eller flere PRF-er fra samme radar kan man finne et estimat for krystalloscillatorfrekvensen (4). I noen tilfeller får man flere løsninger, og løsningsmengden inneholder da et relativt godt estimat av krystalloscillatorfrekvensen, samt en eller flere over- og underharmoniske løsninger. Dersom man ikke kan løse opp denne tvetydigheten, må alle løsningene benyttes for å karakterisere den aktuelle emitteren.

Funksjonen SEI skal gi et estimat av krystalloscillatorfrekvensen og algoritmen bør være robust, slik at den bl a kan sortere ut EDW-er som ikke kommer fra samme emitter.

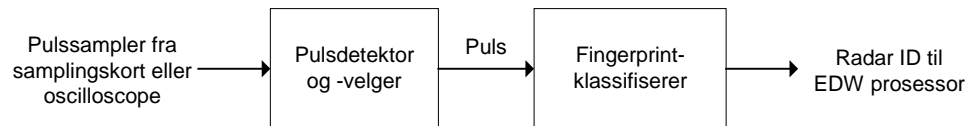
SEI skal benyttes for å initialisere nye track og for å oppdatere eksisterende track. Ved initiering av nye track beregnes krystalloscillatorfrekvensen basert på tre eller flere EDW-er (se Figur 5.5), og dersom man finner en felles krystalloscillatorfrekvens for tre eller flere EDW-er etableres et nytt track. For etablerte track må man identifisere de EDW-ene som hører til trackene. Som vist i Figur 5.4 foretar man da en korrelering, og ved positiv korrelering oppdateres eksisterende track. For SEI korreleres trackene ved å kontrollere om krystalloscillatorfrekvensen er et heltallsmultiplum av PRF. I tillegg korreleres trackene basert på retning (AOA).

## 5.6 PRF-mønster

To metoder for automatisk gjenkjenning av PRF-mønstre er studert i (6). På nåværende tidspunkt ansees disse metodene å ha lavere potensiale enn krystall-oscillator teknikken da de ikke kan forventes å gi Spesifikk Emmitter Identifikasjon, men bare emitter-klasse. I tillegg er det mye som taler for at framtidens kampflyradarer ikke vil bruke faste MPRF-mønstre, slik dagens radarer gjør, men heller legge inn tilfeldige PRF-er mellom hvert dveling på en koherent PRF. På den andre siden er denne teknikken utmerket når det gjelder å finne mønsteret i dagens kampflyradarer, og deretter klassebestemme emisjonene. Teknikken vil derfor kunne brukes i 10-15 år med godt resultat. Ut fra dette synspunktet synes det rimelig å overføre PRF-mønster algoritmen til identifikasjonsmodul. Per i dag har vi en algoritme som fungerer i noen grad. Det bør være rimelig enkelt å overføre denne til identifikasjonsmodul, men det kan godt hende at det vil måtte gå med en god del arbeid til å avluse algoritmen, og å gjøre den tilstrekkelig robust.

## 6 FIA - FINGERAVTRYKK-MODUL

Fingeravtrykk-modulen, Fia, har som oppgave å gjenkjenne pulser basert på UMOP-karakteristikker. UMOP er en forkortelse for ”Unintentional Modulation On Pulse” og viser til at en puls har uønsket amplitude eller frekvens modulasjon. Denne uønskede modulasjonen antas unik for hver emitter (altså et *fingeravtrykk*), og er forutsetningen for metodene for identifisering i fingeravtrykk-modulen. Pulsene er mikset ned til mellomfrekvens (MF). Systemet består av to moduler, se Figur 6.1.



Figur 6.1 *Fingeravtrykk-modul: system for gjenkjenning av pulser basert på UMOP karakteristikk*

”Pulsdetektor og –velger” modulen skal velge et utvalg av alle pulsene tilgjengelig for videre prosessering. Start og stopp for disse pulsene skal finnes vha. en pulsdetektor.

*Innganger:* - Segment(er) med pulssampler på et eller annet format (kan inneholde flere sampler utenom selve pulsen)

- TOA informasjon for hver puls/segment

*Utganger:* - Pulssampler på kompleks form (I og Q sampler  $\rightarrow$  I+jQ, eller komplekst signal v h a Hilbert transform)

- Estimert SNR for hver puls

- Estimert PRI for hver puls

”Fingeravtrykk-klassifisereren” trekker ut visse karakteristikk fra pulsen og foretar en korrelering av disse mot karakteristikk fra kjente emittere lagret i en emitter database. Skal også kunne oppdatere emitter databasen.

*Innganger:* - Pulssampler på kompleks form (I og Q sampler  $\rightarrow$  I+jQ, eller komplekst signal v h a Hilbert transform)

- Estimert SNR for hver puls

- Estimert PRI for hver puls

- Tuner frekvens

*Utganger:* - Radar ID (tekststreng og/eller tall-kode)

- Bærefrekvensen til pulsen

- PRI

### 6.1 Pulsdetektor og -velger

Modulen ”pulsdetektor og velger” vil noe være noe forskjellig avhengig av hva slags data som er tilgjengelig. Den endelige løsningen vil gi data fra et digitalt kanalkort fra Datarespons (Kontur kanalkort), men før dette er på plass vil data fra et LeCroy oscilloskop anvendes. To løsninger skisseres derfor, en for signal fra burst minnet fra det digitale kanalkortet fra Datarespons, og en for signal fra et LeCroy oscilloskop.



### 6.1.1 LeCroy oscilloskop

Data fra LeCroy oscilloskopet lagres i datafiler som overføres til PC-en med fingeravtrykk-prosesseringen. Hver fil inneholder et visst antall segment med et bestemt antall sampler hver. Hvert segment vil inneholde et pretrigger-område før selve pulsen. Fra hver fil kan TOA til pulsene hentes ut og en pulssortering basert på TOA utføres. Siden ikke alle pulsene i alle filer kan behandles gjennom fingeravtrykk-prosesseringen, grunnet beregningsmessige begrensinger i PC-en, vil resultatet fra pulssorteringen legges til grunn hvilke pulser som skal jobbes videre med. Dvs et visst antall pulser velges fra hvert pulstog fra pulssorteringen.

De pulsene som er valgt ut, blir lest ut av oscilloskop-filen. Deteksjon av pulsen kan skje ved bruk av enten en amplitudebasert terskeldetektor eller en energibasert terskeldetektor. Algoritmen skal ta i bruk parametre i oscilloskopfilformatet samt andre virkemidler ("adaptivitet") for å øke hastigheten. Før pulsen sendes over til fingeravtrykk-prosessoren skal pulsen lages analytisk ved bruk av Hilbert-transformen. Dette for å få grensesnittet likt da det digitale kanalkortet fra Datarespons gir det komplekse (I og Q) basebandsignalet direkte. Deteksjonsalgoritmen skal også gjøre et estimat av pulsens SNR.

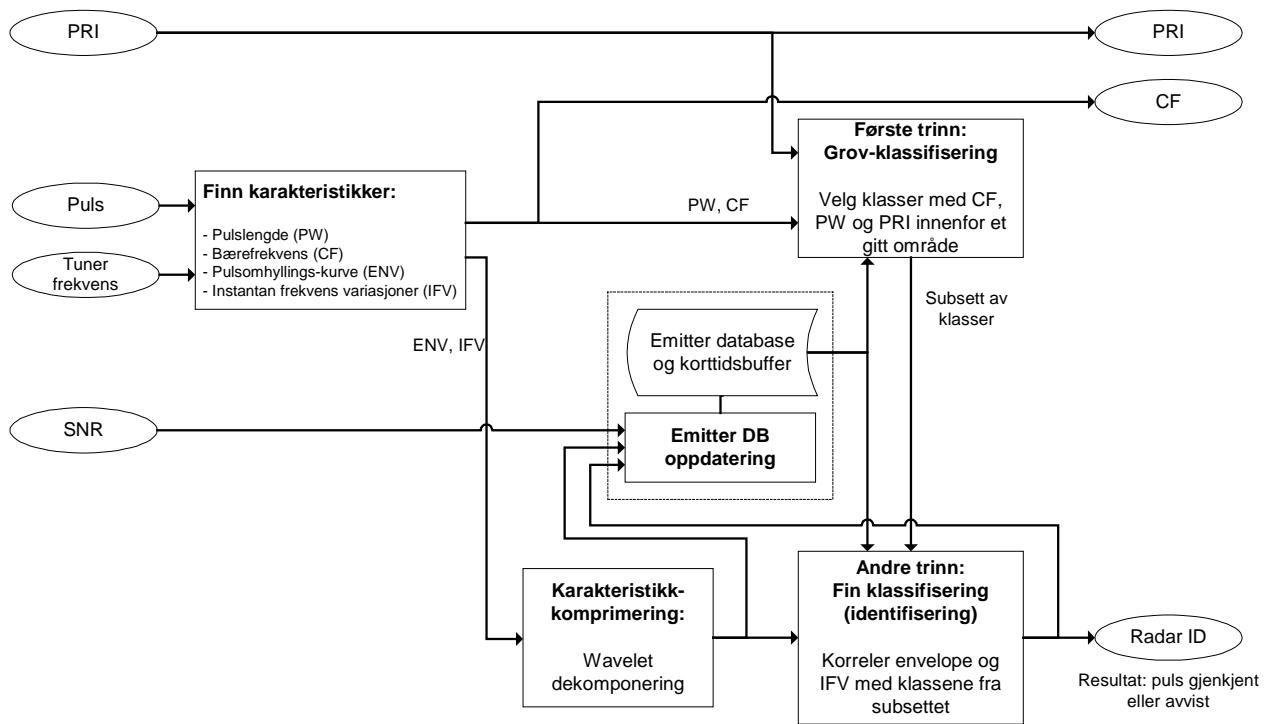
### 6.1.2 Kontur kanalkort

Data fra burst-minnet på kanalkortet overføres til PC over cPCI-bussen. Der mellomlagres dataene i et RAM-buffer, før eventuell endelig lagring på harddisken. Dataene er organisert i to og to segment hvor hvert par segment inneholder I og Q sampler for en puls. Alle segment har likt antall sampler og hvert segment kan inneholde et pretrigger-område før selve pulsen. Siden ikke alle pulsene (segmentene) kan behandles gjennom fingeravtrykk-prosesseringen, grunnet beregningsmessige begrensinger i PC'en, må det finnes en måte å velge ut segmenter på. Dette kan gjøres "intelligent" ved å velge noen pulser fra forskjellige pulstog gitt fra en pulssorterer, mer tilfeldig valg av segmenter, eller velge det nyeste segmentet til enhver tid og prosessere så mange pulser som mulig. Pulssorterer løsningen anses som best dersom det lar seg gjøre å pulssortere pulsene i RAM-bufferet på en enkel og hensiktsmessig måte. Det er ønskelig å finne PRI for de valgte pulsene, da det da er enklere for identifikasjonsmodulen å assosiere resultatet fra fingeravtrykk-prosessen til en bestemt pulstog /klasse.

Deteksjon av de valgte pulsene i hver sine segment kan gjøres på samme måten som for pulser fra LeCroy oscilloskop-filer (se kap 6.1.1), men med I-samplene som inngang. Både I og Q samplene fra pulsen anvendes videre i systemet.

## 6.2 Fingeravtrykk-klassifiserer

Fingeravtrykk-klassifiserer har som oppgave å gjenkjenne en radarpuls basert på UMOP-karakteristikker. Modulen vil finne pulsomhyllingskurven (*envelope*) og variasjonene i den instantane frekvensen (*IFV*), komprimere disse ved bruk av wavelets og korrelere resultatet mot andre emittere fra en emitterdatabase. Metoden vil være basert på metoder og resultater fra (3). Figur 6.2 viser et blokkskjema over fingeravtrykk modulen, hvor hoveddelene beskrives i det følgende.



Figur 6.2 Blokkjema fingeravtrykk-prosessering

### 6.2.1 Finn karakteristikker

Først i klassifiserer-modulen vil fire karakteristikker trekkes ut av pulsen. Disse er pulsbredde (PW), bærefrekvens (CF), omhyllingskurve (ENV) og instantan frekvens variasjoner (IFV).

Pulsen inn (MF pulsen) vil være på en av to former:

1. Fra kanalkortet fra Datarespons:  $y(t) = i(t) + j q(t)$ ,  
hvor  $i(t)$  og  $q(t)$  er I og Q komponentene fra demodulasjonen i kanalkortet
2. Fra LeCroy oscilloskop eller lignende:  $y(t) = x(t) + j \mathcal{H}\{x(t)\}$ ,  
hvor  $x(t)$  er den opprinnelige pulsen og  $\mathcal{H}\{x(t)\}$  er Hilbert transformen av pulsen.

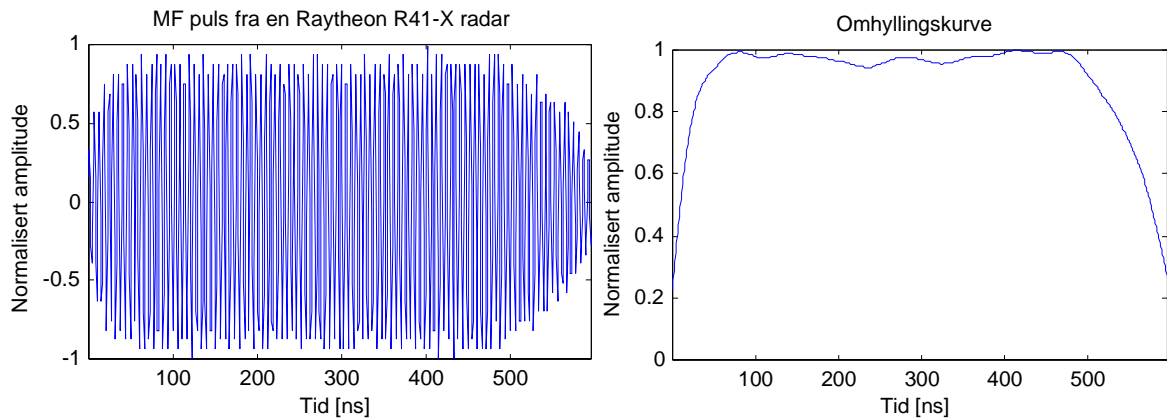
For videre prosessering er begge disse formene i prinsippet like, med en reell del og en imaginær del som er en 90 grader fase-skiftet versjon av den reelle (kvadratur). Den komplekse pulsen kan videre skrives på formen

$$y(t) = A(t)e^{j\varphi(t)} \quad (6.1)$$

hvor  $A(t) = \sqrt{\text{Re}(y(t))^2 + \text{Im}(y(t))^2}$  er den instantane amplituden og

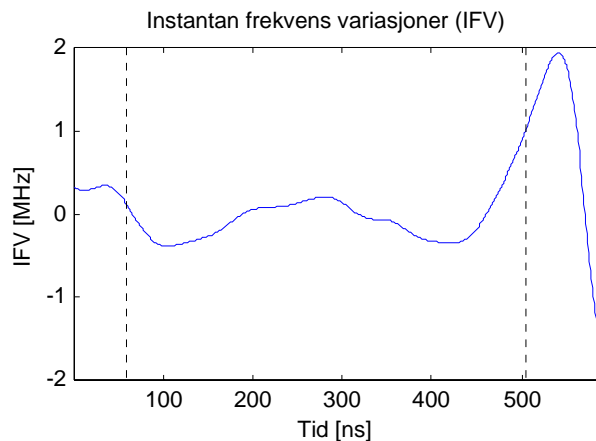
$\varphi(t) = \arctan[\text{Im}(y(t))/\text{Re}(y(t))]$  er den instantane fasen.

Omhyllingskurven til pulsen finnes som den lavpassfiltrerte instantane amplituden  $A(t)$  til den analytiske pulsen  $y(t)$ . For glatting benyttes null fase forover og revers filtrering (Matlab-funksjonen *filtfilt*) for å minimere endeeffekter og lignende. Figur 6.3 viser et eksempel på en puls og dens omhyllingskurve.



Figur 6.3 En puls og dens omhyllingskurve

Pulsens instantane frekvens finnes ved å derivere den instantane fasen  $\varphi(t)$ . For å oppnå en glattere instantan frekvens, lavpassfiltreres fasen først. For å minske endeeffekter kan ekstrapolering av fasen være nyttig i tillegg til null fase forover og revers filtrering. Siden det er variasjonene av den instantane frekvensen som er ønsket (IFV), må middelverdien til den instantane frekvensen tas bort. Figur 6.4 viser IFV til pulsen i Figur 6.3.



Figur 6.4 IFV til pulsen i Figur 6.3

Pulsbredden finnes enten fra lengden av pulsen fra pulsdetektoren (energi- eller amplitudeterskjet), eller evt pulsomhyllingskurvens  $-3$  dB eller en annen slik grense. Metoden med å bruke lengden fra pulsdetektoren vil være raskest.

Bærefrekvens kan estimeres enten som den midlere instantane frekvens eller ved å beregne middelfrekvensen som stigetallet til modellen av den instantane fasen. Modellen finnes ved lineær regresjon. Et problem i beregningen av bærefrekvensen er at endeeffekter i signalet kan påvirke resultatet. Dette reduseres/fjernes ved å beregne bærefrekvens bare fra den 'midterste' delen av instantan frekvensen, dvs. se bort fra de områdene som preges av endeeffekter.

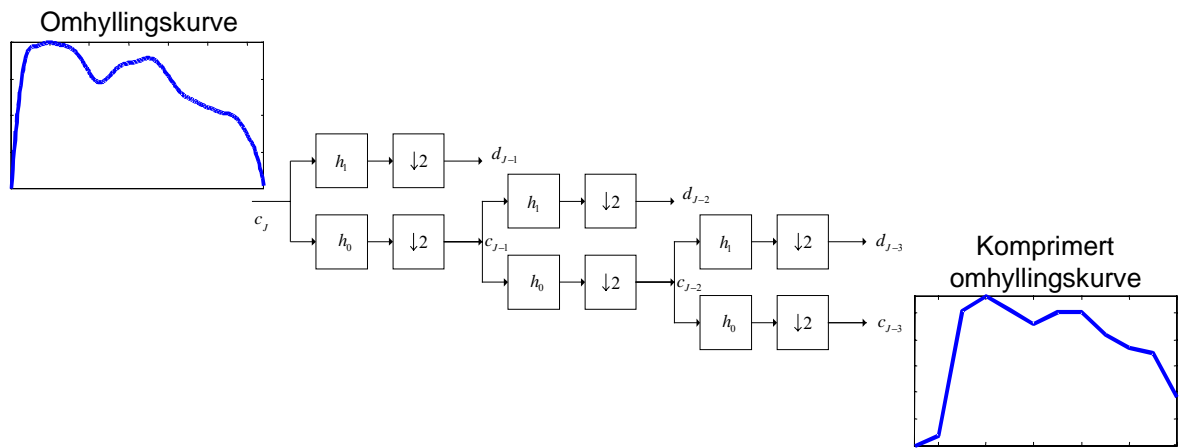
Frekvensen som estimeres er middelfrekvensen i MF signalet. For å regne om til bærefrekvensen, må tuner frekvensen og MF frekvensen være kjente. For COMSOL tuneren viser ligning (6.2) relasjonen mellom frekvensene.

$$f_c = f_{tuner} - f_{mf} + f_m \quad (6.2)$$

hvor  $f_c$  er bærefrekvensen,  $f_{tuner}$  er tuner frekvensen,  $f_{mf}$  er mellomfrekvensen og  $f_m$  er målt midlere frekvens i MF pulsen. For enkelte tunere (som Watkins-Johnson tuneren) må rekkefølgen av  $f_{mf}$  og  $f_m$  i (6.2) byttes om.

### 6.2.2 Karakteristikk komprimering

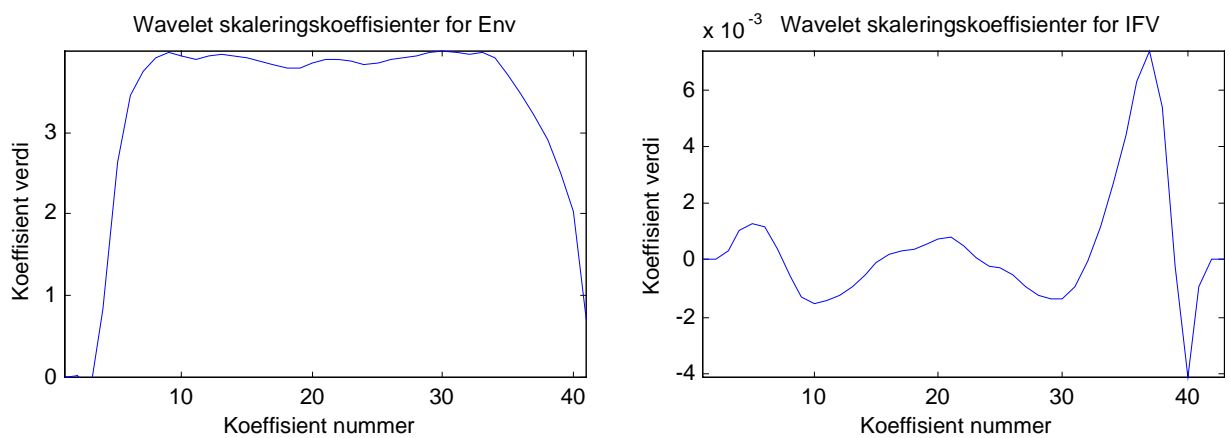
Omhyllingskurven og IFV vil begge ha like mange sampler som pulsen. For å redusere størrelsen på emitterdatabasen, samt for å gjøre beregningene mindre tunge for klassifisereren, er det ønskelig å komprimere omhyllingskurven og IFV. Dette kan gjøres ved bruk av wavelet dekomponering. Wavelet-dekomponering foregår ved å (iterativt) desimere signalet med bruk av wavelet filtre (se Figur 6.5).



Figur 6.5 Wavelet-dekomponering med 3 nivå

Wavelet-dekomponering kan også forbedre klassifiseringsresultatet [3].

Type wavelet (familie og orden) og antall nivåer med dekomponering må justeres for best ytelse. Figur 6.6 viser et eksempel på resultatet av wavelet dekomponeringen.



Figur 6.6 Karakteristikkene i Figur 6.3 og Figur 6.4 komprimert ved Wavelet-dekomponering. (Anvendte wavelets: Env: 3. ordens Daubechies, 4 nivåer, IFV: 3. ordens Revers biorthogonal, 4 nivåer)

### 6.2.3 Grov klassifisering

Emitter databasen kan inneholde et stort antall emittere og det vil derfor være uhensiktsmessig å korrelere pulskarakteristikkene (omhyllingskurven og IFV) mot alle klassene i databasen. For å gjøre korreleringen lettere velges det ut et subsett av klassene i emitter databasen. Dette gjøres på bakgrunn av pulsens lengde, bærefrekvens og PRI. De emitterne i databasen med pulslengde, bærefrekvens og PRI innenfor et gitt område rundt den målte pulsen velges for videre korrelering. Det er også mulig at man basert på resultatene fra grovklassifiseringen kan bestemme emitter type.

### 6.2.4 Fin klassifisering

For fin klassifisering (identifikasjon) korreleres den målte pulsens *komprimerte* omhyllingskurve (ENV) og IFV mot alle klassene i subsettet av emitter databasen som ble valgt ut i grov klassifiseringen. Flere korrelasjonsmål kan vurderes, f.eks.:

- Krysskorrelasjonskoeffisienten ved null forskyvning:

$$\rho_{xy}(0) = \frac{\sum_k x(k)y(k)}{\sqrt{\sum_k x^2(k) \sum_k y^2(k)}} \quad (6.3)$$

hvor  $x(k)$  er komprimert ENV eller IFV for målt puls og  $y(k)$  for en emitter i subsettet.

- Sannsynlighet basert på antagelse om at ENV og IFV koeffisientene er Gaussisk fordelte og uavhengige:

$$p(x(k) = y(k)) = \prod_k \exp\left(-\frac{(x(k) - y(k))^2}{2\sigma_{y(k)}^2}\right) = \exp\left(-\sum_k \frac{(x(k) - y(k))^2}{2\sigma_{y(k)}^2}\right) \quad (6.4)$$

hvor  $x(k)$  er komprimert ENV eller IFV for målt puls og  $y(k)$  for en emitter i subsettet.  $\sigma_{y(k)}^2$  er variansen til en ENV/IFV koeffisient for en emitter i subsettet.

Korrelasjonen regnes ut for både ENV og IFV og totalt korrelasjonsmål settes som en veiet sum av begge. Dersom korrelasjonstallet er over en gitt forkaste-grense, blir den målte pulsen assosiert med den klassen i emitter subsettet med høyest korrelasjonstall.

### 6.2.5 Emitter database og database oppdatering

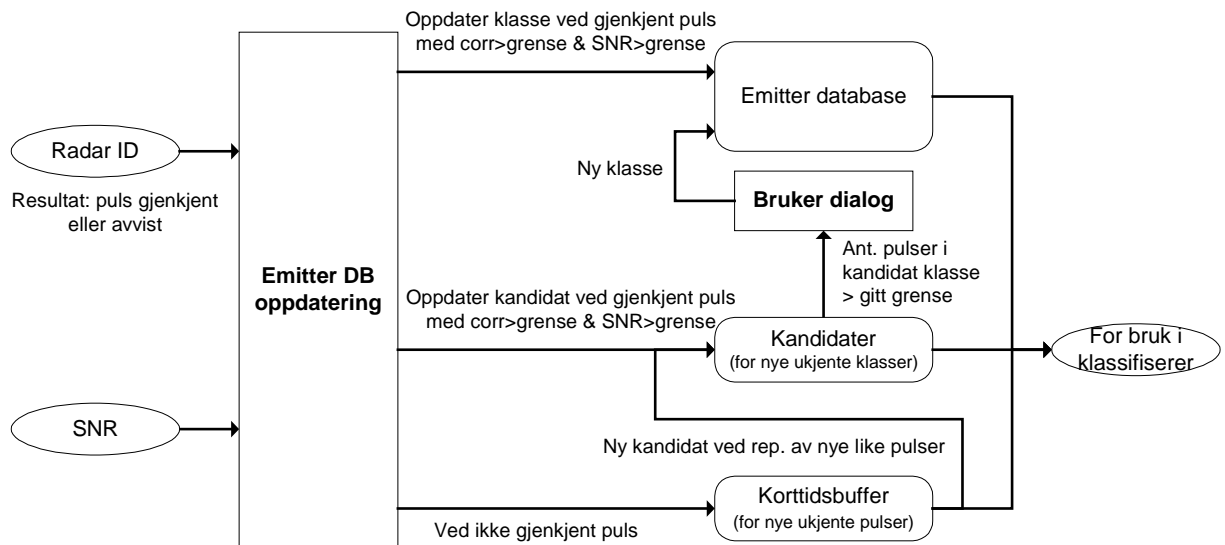
Emitter databasen inneholder informasjon om alle kjente emittere. En emitter vil antagelig ha en klasse i databasen per "pulsbredde modi". Hver emitter(modi) skal beskrives med følgende:

- Navn på emitteren, radar type, modi etc.
- Gjennomsnittlig bærefrekvens
- Gjennomsnittlig pulsbredde
- Gjennomsnittlig komprimert omhyllingskurve (wavelet koeffisienter)
- Gjennomsnittlig komprimert IFV (wavelet koeffisienter)
- Antall pulser som er brukt for å lage klassen
- Evt. variansen til hver av wavelet koeffisientene. Nødvendigheten å ha med dette avhenger av hva slags korrelasjonsmål som brukes.

Andre parametre som kan tas med for hver klasse er når klassen sist ble oppdatert,

gjennomsnittlig SNR for pulsene benyttet til å lage klassen.

Databasen bør ha mulighet til å oppdatere eksisterende emittere og legge til nye under operasjon. En opplegg for dette er gitt i Figur 6.7.



Figur 6.7 Blokkskjema emitter database oppdatering

En puls som ikke blir gjenkjent blir overført til et *korttidsbuffer*. Korttidsbufferet har en kapasitet på 10-20 pulser. Ved fullt buffer overskrives den eldste pulsen (sirkulært buffer). Strukturen i korttidsbufferet er den samme som for en klasse i emitter databasen.

Dersom en ny puls som kommer inn blir identifisert som samme emitter som en av pulsene i korttidsbufferet, vil karakteristikene bli midlet og resultatet overført til et *kandidatminne*. Dette minnet har samme struktur som emitter databasen. Nye gjenkjente pulser av en kandidatklasse blir med på å oppdatere kandidatklassen, dersom korrelasjonsmålet og pulsens SNR er tilstrekkelig høy. Når antall pulser i en kandidatklasse overstiger en gitt grense, presenteres kandidatklassen for brukeren som da får mulighet til å overføre klassen til selve emitter databasen. Oppdatering av kandidatklassen vil fortsette også mens systemet venter på brukerens respons.

Kandidatklasser som ikke har stort nok antall pulser for å bli presentert brukeren, vil bli slettet etter en gitt tid etter siste oppdatering av klassen. Dette for å rydde opp kandidatminnet for "falske" klasser (lignende en slags "lost track" håndtering?). Tidsgrensen kan være i størrelsesorden 1 minutt.

Klassene i emitter databasen har også mulighet for å bli oppdatert på samme måte som kandidatklassene, dvs. dersom den gjenkjente pulsens korrelasjonsmål og SNR er tilstrekkelig høye. Oppdateringen av en eksisterende klasse kan foregå via vanlig midling eller mer avansert via f.eks. Kalman-tracking. Fordelen med Kalman-tracking er at klassen vil kunne legge mer vekt på nye pulser og dermed følge trendendringer i karakteristikene bedre.

Både korttidsbufferet og kandidatminnet, i tillegg til selve emitter databasen, representerer emitterklasser klassifisereren ser på.

## 7 KONKLUSJON

Rapporten spesifiserer en ESM-demonstrator for prosjekt 805 Profil. Demonstratoren skal brukes av FFI for å vise moderne identifikasjonsteknikker i ESM-utstyr for Luftforsvaret. Nasjonal kompetanse på området emitteridentifikasjon ansees viktig da slike sensorer synes å bli mer og mer viktig i framtida. Demonstratoren skal bestå av tre moduler: Et mikrobølgemodul som genererer ekstraherte emisjonsbeskrivelser (EDW-er), et identifikasjonsmodul som skal vise retning og identitet til hver emitter og tracke disse over tid, og et fingeravtrykks-modul som skal kunne skille emittere av samme type. Ved å duplisere demonstratoren skal den også kunne brukes til sensorfusjon og TDOA-målinger (jamfør PROFIL, delprosjekt 1).

Mikrobølgedelen (Edda) består av en roterende parabolisk antenne med tilhørende rundstrålende antenne for blanking av sidelobe-deteksjoner. Til å gjøre dette trengs to tunere som konverterer det mottatte RF-signal ned til en passende mellomfrekvens. Mellomfrekvenssignalet blir karakterisert og digitalisert i Kontur kanalkort. Ved emitteraktivitet vil hver puls som mottas bli karakterisert i form av et PDW (pulsord) som overføres til en PC i Edda. En rask pulssorterer som opererer på denne PC-en setter sammen pulsordene til emisjonsord. Et oscilloskop skal brukes for å sample pulser på mellomfrekvensutgangen for å gjøre fingeravtrykksanalyse.

To eksterne moduler skal analysere dataene fra måleoppstillinga. Det ene modulet (Ida) skal analysere emisjonsordene. Ida skal vise et situasjonsoversikt over emitteraktiviteten der hver emisjon blir klassifisert og eventuelt identifisert. Emitterenes retning vises i en PPI. Emisjonene korreleres mot emitterbibliotek og typegjenkjennes. Prosessering skal også gjøres for å finne krystall-oscillatorfrekvensen til emitteren. Dette kan gi opphav til spesifikk emitteridentifikasjon (SEI). Alle emittere skal trackes for å unngå å opprette nye emitter-symboler hver gang antenna passerer en emitter som allerede er oppfanget; da skal tracket oppdateres. Det kan også være aktuelt å implementere teknikker for gjenkjenning av PRF-mønstre.

Det siste modulet (Fia) skal utføre fingeravtrykksanalyse. Pulsene, som ble samlet på et oscilloskop og overført til Fia, pre-prosesserer og grov-klassifiseres. Deretter trekkes det ut egenskaper fra pulsene som skal brukes for å korrelere med emitterbiblioteket. Dersom likhetene er store nok blir pulsen identifisert. Dersom det er for stor forskjell skal det gjøres prosessering for å undersøke om pulsene kan danne opphav til en ny emitterklasse eller et nytt individ fra en allerede eksisterende klasse. Funksjonalitet skal så legges til rette for at en operatør skal kunne ta stilling til om det er en ny emitter eller ikke.

## APPENDIKS

### A FORKORTELSER

AOA	-	Angle of Arrival
C++	-	Programmeringsspråk
CF	-	Carrier Frequency
COTS	-	Commercial Off The Shelf
cPCI	-	Buss-standard
CPU	-	Computer Processor Unit
DB	-	Desibel
DLL	-	Direct Link Library
EDW	-	Emission Description Word
ESM	-	Elektroniske støttetiltak
GPIB	-	General Purpose Instrumentation Buss
GPS	-	Global Positioning System
HW	-	Hardware
IFV	-	Instantaneous Frequency Variation
ID	-	Identitet
LNA	-	Low Noise Amplifier
MF	-	Mellomfrekvens
MMI	-	Menneske maskin interaksjon
MOP	-	Modulation on Pulse
NATO	-	North Atlantic Treaty Organisation
PC	-	Personal Computer
PDW	-	Pulse Descriptor Word
POI	-	Probability of Intercept
PPI	-	Plan Position Indicator
PPS	-	Pulser per sekund
PRF	-	Puls repetisjons frekvens
PRI	-	Puls repetisjons intervall
PV	-	Passiv Varslingsensor
PW	-	Pulse Width
PXI	-	Buss-standard
RF	-	Radio frekvens
RAM	-	Random Access Memory
RPM	-	Rotasjoner per minutt
SEI	-	Spesifikk Emitter Identifikasjon
SET	-	Spesifikk Emitter Tracking
SLB	-	Sidelobeblanking
SNR	-	Signal-to-noise ratio
TCP-IP	-	Kommunikasjonsprotokoll for dataoverføring
TDOA	-	Time Difference Of Arrival
TOA	-	Time of Arrival
TTL	-	Transistor Transistor Logikk
UMOP	-	Unintentional Modulation On Pulse
VXI	-	Buss-standard



## Litteratur

- (1) Model 600-101-089 XL-AK Time and Frequency Receiver (2000): TrueTime Inc, California.
- (2) Øhra H, Smestad T, Malnes E (1999): Spesifikasjon av digitalt kanalkort til en avansert ESM-mottaker, FFI/RAPPORT-99/05264, Begrenset
- (3) Eilevstjønn, J (2000): Radar Pulse Identification Using Intrapulse Feature Vectors, Siv.ing. hovedoppgave, Høgskolen i Stavanger.
- (4) Malnes, E (2000): Pulssortering og emitteridentifikasjon, FFI/RAPPORT-200/02428, Ugradert
- (5) Theodoridis, S, Konstantinos, K (1999): Pattern recognition, Academic press, London, 25-27.
- (6) Pedersen, S I, Malnes, E (2000): To metoder for automatisk gjenkjenning av PRF-mønstre, 02480, Ugradert
- (7) Kulbotten, G (2000): Antennesvitsj for ESM-måleoppstilling, FFI/NOTAT-2000/00195, Ugradert



## FORDELINGSLISTE

**FFIE**                      **Dato:** 15 desember 2000

RAPPORTTYPE (KRYSS AV) <input checked="" type="checkbox"/> RAPP <input type="checkbox"/> NOTAT <input type="checkbox"/> RR	RAPPORT NR. 2000/06388	REFERANSE FFIE/805/113	RAPPORTENS DATO 15 desember 2000
RAPPORTENS BESKYTTELSESGRAD  UGRADERT		ANTALL EKS UTSTEDT  65	ANTALL SIDER  41
RAPPORTENS TITTEL SPESIFIKASJON AV ESM-DEMONSTRATOR		FORFATTER(E) MALNES, Eirik, EILEVSTJØNN, Joar, KULBOTTEN Gunnar, KVERNSVEEN, Kirsten, ØHRA Hans,	
FORDELING GODKJENT AV FORSKNINGSSJEF:		FORDELING GODKJENT AV AVDELINGSSJEF:	

### EKSTERN FORDELING

### INTERN FORDELING

ANTALL	EKS NR	TIL	ANTALL	EKS NR	TIL
1		FO/LKI	14		FFI-Bibl
1		v/Brig Anders Thorheim	1		Adm direktør/stabssjef
1		v/Kapt Espen Slyngstad	1		FFISYS
1		LFK	1		FFIBM
1		v/Oblt Kjell Eriksen	1		Eirik Malnes, FFIE
1		FO/E	1		Joar Eilevstjønn, FFIE
1		v/Tore Belsnes	1		Gunnar Kulbotten, FFIE
1		v/Arve Dimmen	1		Kirsten Kvernsveen, FFIE
1		v/Morten Mjanger	1		Hans Øhra, FFIE
1		LTI	1		Svein Erik Hamran, FFIE
1		v/ Oblt Morten Hansen	1		Rolf Hedemark, FFIE
1		FO/LST	1		Torleiv Maseng, FFIE
1		v/Maj Eivind Sørdal	1		Vidar Andersen, FFIE
1		FKN	1		Reidar Haugen, FFIE
1		v/Oblt Edvin Rugset	1		Atle-Onar Knapkog, FFIE
1		FKS	1		Rune Sundgot, FFIE
1		v/Oblt Svein Erik Horn	1		Tore Smestad, FFIE
1		LVI	1		Arne Petter Bartholsen, FFIE
1		v/Maj Ørjan Sørensen	1		Arne Slåstad, FFIE
1		FEKS/717-skv Rygge hovedflystasjon	1		Terje Wahl, FFIE
1		v/Kapt Øysten Bringe	1		Jarle Synnevåg, FFIE
1		FO/SST	6		Arkiv, FFIE
1		v/OK Solveig Krei			FFI-veven
1		Datarespons AS			

FFI-K1

Retningslinjer for fordeling og forsendelse er gitt i Oraklet, Bind I, Bestemmelser om publikasjoner for Forsvarets forskningsinstitutt, pkt 2 og 5. Benytt ny side om nødvendig.