

FFI RAPPORT

ET KONSEPT FOR BILDEOPPBYGGING FOR NETTVERKSBASERT FORSVAR

HANSEN Bjørn Jervell, MEVASSVIK Ole Martin, BRÅTHEN Karsten,
ROSE Kjell

FFI/RAPPORT-2004/00983

**ET KONSEPT FOR BILDEOPPBYGGING FOR
NETTVERKSBASERT FORSVAR**

HANSEN Bjørn Jervell, MEVASSVIK Ole Martin,
BRÅTHEN Karsten, ROSE Kjell

FFI/RAPPORT-2004/00983

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

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT (FFI)
Norwegian Defence Research Establishment

UNCLASSIFIED

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-2004/00983 1a) PROJECT REFERENCE FFI-II/855/134	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED 2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	3) NUMBER OF PAGES 21		
4) TITLE ET KONSEPT FOR BILDEOPPBYGGING FOR NETTVERKSBASERT FORSVAR A Picture Compilation Concept for Network Based Defence				
5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) HANSEN Bjørn Jervell, MEVASSVIK Ole Martin, BRÅTHEN Karsten, ROSE Kjell				
6) DISTRIBUTION STATEMENT Approved for public release. Distribution unlimited. (Offentlig tilgjengelig)				
7) INDEXING TERMS IN ENGLISH: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> a) <u>Distributed processing</u> b) <u>Command and Control</u> c) <u>Surveillance</u> d) _____ e) _____ </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> IN NORWEGIAN: a) <u>Distribuert prosessering</u> b) <u>Kommando og kontroll</u> c) <u>Overvåkning</u> d) _____ e) _____ </td> </tr> </table>			a) <u>Distributed processing</u> b) <u>Command and Control</u> c) <u>Surveillance</u> d) _____ e) _____	IN NORWEGIAN: a) <u>Distribuert prosessering</u> b) <u>Kommando og kontroll</u> c) <u>Overvåkning</u> d) _____ e) _____
a) <u>Distributed processing</u> b) <u>Command and Control</u> c) <u>Surveillance</u> d) _____ e) _____	IN NORWEGIAN: a) <u>Distribuert prosessering</u> b) <u>Kommando og kontroll</u> c) <u>Overvåkning</u> d) _____ e) _____			
THESAURUS REFERENCE: NASA				
8) ABSTRACT The Norwegian Armed Forces are facing a transformation towards a network based defence. This will lead to a higher level of flexibility regarding what units will cooperate during military operations. In this report a concept for picture compilation suited to this higher level of flexibility is described. The concept is also part of the foundation for a proof of concept technology demonstrator built at the Norwegian Defence Research Establishment (7). The focus of this demonstrator is ad hoc organisation of a joint task group building a shared picture. The results from the technology demonstrator will be used as input to further work on the concept.				
9) DATE 2004-03-12	AUTHORIZED BY This page only Vidar S Andersen	POSITION Director		

ISBN-82-464-0840-2

UNCLASSIFIED

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

INNHOLD

	Side	
1	INNLEDNING	7
2	OVERORDNET IDÉ	8
3	BILDEOPPBYGGINGSMODELL	10
3.1	Sensorer	11
3.2	Bildeproduksjonsnoder	11
3.3	Situasjonsbildebrukere	12
3.4	Infostrukturen	12
4	BILDEOPPBYGGINGSSTRATEGIENE	12
4.1	Strategi 1: Bygging av situasjonsbilder basert på informasjonsbehov	12
4.1.1	Spesifisering av informasjonbehov	13
4.2	Strategi 2: Bygging av et felles situasjonsbilde i en gruppe	13
4.2.1	Organisering av bildeoppbyggingen i en gruppe	14
4.2.2	Beskrivelse av dynamisk informasjonsutveksling	15
4.3	Ad hoc-organisering	15
4.4	Konflikter i situasjonsbildet	16
4.5	Bildeoppbyggingskoordinator	16
5	KONKLUSJON	16
	Litteratur	17
 APPENDIKS		
A	BILDEOPPBYGGINGSARKITEKTURER	18
A.1	Sentralisert	18
A.2	Hierarkisk	19
A.3	Desentralisert	20
A.4	Hybrid	21
A.5	Fysisk og logisk arkitektur	21

ET KONSEPT FOR BILDEOPPBYGGING FOR NETTVERKSBASERT FORSVAR

1 INNLEDNING

En transformasjon av Forsvaret i henhold til idéene i nettverksbasert forsvar (NBF), innebærer mye større fleksibilitet i forhold til hvilke enheter som skal samarbeide under militære operasjoner enn det som er tilfelle i dag. Hvordan bildeoppbygging gjøres i dag dekker ikke de krav som NBF stiller. Denne rapporten beskriver et konsept for bildeoppbygging som er tilpasset denne økte fleksibiliteten. Konseptet er blitt utviklet i FFI-prosjekt 855 – Programstøtte til FIS/O, og er en del av arbeidet med nye tjenester og funksjoner for situasjonsbilder for operasjoner iht. NBF utført i delprosjekt 2. Konseptet danner også deler av grunnlaget for en demonstrator for bildeoppbygging som er utviklet i prosjektet for å få erfaring med bildeoppbygging for NBF (7).

Med et bildeoppbyggingskonsept menes her de overordnede idéer for bildeoppbyggingsfunksjonen. Det betyr at konseptet f.eks. ikke inneholder realiseringsaspekter eller teknologivalg. Denne rapporten gir kun den overordnede rammen for utvikling av konkrete systemløsninger for bildeoppbygging. Den dekker således ikke valg av konkrete bildeoppbyggingsarkitekturer eller den funksjonaliteten systemet må ha.

Konseptet NBF baserer seg på informasjonsoverlegenhet og utnyttelse av slik overlegenhet for å oppnå økt felles situasjonsbevissthet, økt hastighet i utøvelsen av kommando, økt tempo i operasjonene, økt stridsevne, økt overlevelse og selvsynkronisering (6). Situasjonsbildet er et viktig verktøy i bestrebelsene på å oppnå situasjonsbevissthet, noe som gjør at situasjonsbildet, og dermed også bildeoppbygging, står sentralt i NBF.

Bildeoppbyggingsfunksjonen i NBF skal sørge for at informasjonsbehovet til situasjonsbildebrykerne i organisasjonen blir dekket. Det skal den gjøre ved bl.a. til enhver tid å sørge for innsamling, bearbeiding, formidling og presentasjon av data til brukerne. Bildeoppbyggingen skjer under begrensning av bl.a. tilgang på data, konektivitet og båndbredde i nettverket, prosesseringskraft og krav til robusthet.

Konseptet beskrevet i denne rapporten omhandler den delen av bildeproduksjonsprosessen som dekker lokalisering og klassifisering av objekter i det fysiske domenet. Dette er en avgrensning i forhold til et komplett situasjonsbilde som bl.a. også må omfatte Computer Network Operations, logistikk og bruk av planer, ordre, etc. Ressursstyring omfattes heller ikke av konseptet.

Med et situasjonsbilde menes i denne rapporten et sett med data fra sensorer og andre kilder produsert for å støtte én eller flere beslutningstakere/effektorer. Situasjonsbildet er det

informasjonsgrunnlaget som ligger til grunn for det som presenteres til brukeren, og ikke det som vises for brukeren på en skjerm eller lignende. Hvert situasjonsbilde kan betraktes som en delmengde av den totale datamengden som produseres av sensorer og datafusjonsnoder. Dette medfører også at det ikke finnes *ett* felles bilde, men det kan finnes et sett med innbyrdes konsistente bilder med et felles datagrunnlag. Med konsistente bilder menes her bilder som ikke er i konflikt med hverandre. Merk at definisjonen av et bilde i dette konseptet er en avgrensning i forhold til det bildet en beslutningstaker har behov for, da dette kan også inkludere planer, intensjoner etc.

Konseptet er i utvikling. Det er derfor å forvente at konseptet vil endres når man får mer erfaring med hvordan disse tankene kan implementeres. Spesielt vil bildeoppbyggingsdemonstratoren nevnt ovenfor være en viktig bidragsyter i denne prosessen.

Rapporten begynner med en beskrivelse av den overordnede idéen i konseptet i kapittel 2. Dette kapitlet kan også leses som en oppsummering av konseptet. I kapittel 3 beskrives en modell av bildeoppbyggingen, mens de to bildeoppbyggingsstrategiene som introduseres i den overordnede idéen presenteres nærmere i kapittel 4. Rapporten avsluttes så med en konklusjon i kapittel 5.

2 OVERORDNET IDÉ

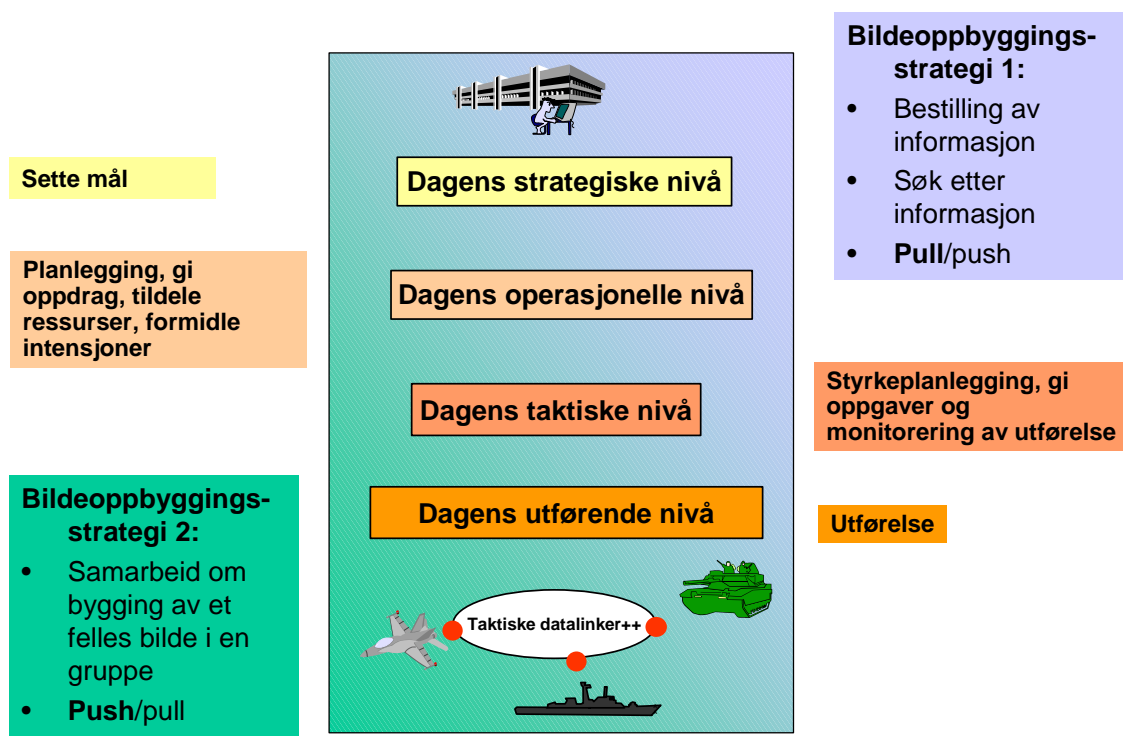
Den overordnede idéen i dette bildeoppbyggingskonseptet, er at bildeoppbyggingen er en kombinasjon av to strategier slik som illustrert i Figur 2.1:

1. Situasjonsbildet bygges ut fra brukerens meddelte informasjonsbehov eller ved at brukeren søker etter informasjon (pull-basert bildeoppbygging). Denne strategien benyttes for brukere med et særegent informasjonsbehov som endrer seg som funksjon av tid. De ulike situasjonsbildebukerne vil ha konsistente, men ikke nødvendigvis identiske bilder. Strategien er best egnet for brukere som planlegger og leder operasjoner.
2. Produksjon av et felles bilde innad i en gruppe militære enheter (push-basert bildeoppbygging). De forskjellige brukerne/beslutningstakere henter ut de delene av situasjonsbildet de er interesserte i. Denne strategien er egnet for brukere med et veldefinert informasjonsbehov som deles av flere andre. Typiske eksempler på dette vil være innen krigføringssområdene på taktisk nivå, f.eks. anti-luftkrigføring.

Merk at i praksis vil bildeoppbyggingen være en kombinasjon av de to strategiene beskrevet foran.

Generelt vil pull-basert bildeoppbygging være best egnet for dagens strategiske og operasjonelle nivå samt i taktisk planlegging. På dagens utførende nivå (innad i krigføringssområdene) vil en, som i dag, i stor grad basere seg på push-basert bildeoppbygging. Det er imidlertid noen prinsipielle forskjeller i forhold til dagens system. Man løsriver eierskapet av sensorer, effektorer og bildeproduksjonsfunksjonalitet fra plattformene, noe som gir nye muligheter for å utnytte ressursene bedre. I NBF skal det legges til rette for å kunne koble sammen sensorer,

bildeproduksjonsfunksjonalitet og brukere ad hoc¹. Dette vil gi store muligheter for å tilpasse den operative arkitekturen og informasjonsflyten til behovet.



Figur 2.1 Bildeoppbyggingskonseptets to strategier

På dagens operasjonelle og taktiske nivå er hovedoppgavene å tildele oppdrag og ressurser, formidle intensjoner, utføre styrkeplanlegging og monitorere utførelsen av oppdragene. Situasjonsbildebrukerne på disse to nivåene vil i stor grad ha individuelle og spesielle krav til situasjonsbildet. De har mindre grad av forutsigbarhet i informasjonsbehovet, og setter derfor større krav til fleksibiliteten i bildeoppbyggingen enn brukere på det utførende nivået. Bildeoppbyggingen vil derfor i stor grad skje ved aktivt søk etter informasjon, og tidskravet er såpass lavt at det er tid til slike informasjonssøk. Det er stor fleksibilitet i hva slags informasjonskilder situasjonsbildebrukerne kan hente informasjon fra, og bildet som etableres bør skreddersys for denne situasjonsbildebrukerens behov. Dette fører til at organiseringen av bildeoppbyggingen blir kompleks. Det kreves at situasjonsbilder som bygges av ulike beslutningstakere på operasjonelt og taktisk nivå er innbyrdes konsistente.

Det utførende nivået løser et bestemt oppdrag avgrenset i tid og rom med gitte ressurser. Her vil kravene til bildeoppbyggingen være lettere å definere. De vil f.eks. være gitt av kapasiteter til våpen og sensorer og av hvilken taktikk som benyttes. Det er også behov for å ha tilgang til samme bildet for de enhetene som løser samme oppdrag. Pga. antallet enheter på taktisk nivå, samt at en ofte har strenge tidskrav, vil en pull-basert bildeoppbygging bli for kompleks og tidkrevende. Den push-baserte bildeoppbyggingen karakteriseres av en større forutsigbarhet og automatikk i informasjonsflyten. Bildeoppbyggingen blir da mindre kompleks og mindre

¹ Med en ad hoc sammenkobling menes her en sammenkobling som skjer for å danne en gruppe som skal løse en spesiell oppgave. Denne gruppen vil være avgrenset i tid, og hvem som er medlem av gruppen vil variere over tid.

tidkrevende.

Mulighet for ad hoc-organisering er sentralt i NBF og støttes i begge bildeoppbyggingsstrategiene. Forskjellen mellom strategiene er at mens det for det utførende nivået etableres et nettverk av samarbeidende enheter med fleksibilitet til å trekke på andre kilder ved behov, vil en for militære nivåer som i større grad driver planlegging sette opp informasjonsflyten ad hoc basert på de enkelte situasjonsbildebrukernes ønsker.

I løpet av arbeidet med konseptet, ble det identifisert behov for en bildeoppbyggingskoordinator. Denne koordinatorens oppgave er å sørge for at ressursene utnyttes best mulig i forhold til oppgaven som skal løses.

Informasjonsflyten vil i begge strategiene være begrenset av:

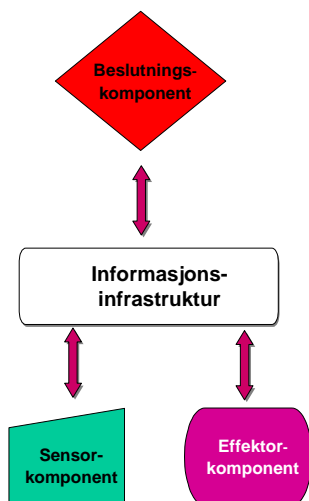
- konnektiviteten mellom informasjonskildene og situasjonsbildebrukerne,
- båndbredde,
- prosesseringskraft og
- krav til redundans.

En sentral del av bildeoppbyggingen er å gi oversikt over egne styrker. I dette konseptet er dette tenkt løst ved at alle egne styrker rapporterer sine posisjoner. Disse rapportene blir informasjon i nettverket på lik linje med sensordata.

3 BILDEOPPBYGGINGSMODELL

For å illustrere konseptet er det blitt utviklet en bildeoppbyggingsmodell. Denne modellen opererer med følgende bildeoppbyggingsaktører:

- sensorer,
- BildeProduksjonsNoder (BPNer) og
- SituasjonsBildeBrukere (SBBere).



Figur 3.1 Modellen i NBF-konseptet

Disse aktørene relaterer seg til komponentene i modellen utviklet i NBF-konseptet (se Figur 3.1) (6) som vist i Tabell 3.1.

Bildeoppbyggingskonsept	NBF-konseptets modell
Sensor	Sensorkomponent
Situasjonsbildebruker	Effektorkomponent
	Beslutningskomponent
Bildeproduksjonsnode	Inngår i infostrukturen eller i en beslutningskomponent, se kapittel 3.2

Tabell 3.1 Relasjonene mellom aktørene i bildeoppbyggingskonseptet og komponentene i NBF-konseptets modell

I tillegg til disse aktørene, er bildeoppbyggingen avhengig av en informasjonsinfrastruktur (infostruktur) som bl.a. har i oppgave å sørge for konnektivitet mellom aktørene.

3.1 Sensorer

Sensorene brukes for å samle data om omgivelsene, og kan karakteriseres ved bl.a.:

- sensortype (f.eks. aktiv/passiv, elektromagnetisk/akustisk, frekvensbånd, bildedannende, klassifiserende),
- ytelse (f.eks. rekkevidde, Electronic Counter Measures(ECM)-resistens, nøyaktighet),
- dataproduksjon (f.eks. plott, track, bilde, video, "features", klassifikasjonsdeklarasjoner),
- sensorkontroll (hvilke parametere kan settes på sensoren/konfigurasjonsmuligheter) og
- hvilke deler av det fysiske domenet som dekkes (land/luft/overflate/undervann/rom).

En sensor tar vare på alle dataene den har samlet så langt den har lagringskapasitet.

Merk at modellen er avgrenset slik at en sensor kun har begrenset evne til fusjon av egne data (tracking etc.). Skal data fra to kilder sammenstilles, må en BPN benyttes (se kapittel 3.2).

3.2 Bildeproduksjonsnoder

Rollen til en bildeproduksjonsnode (BPN) er å sammenstille (fusjonere) og videreforedle data fra sensorer og andre BPNer til et (lokalt) situasjonsbilde. En BPN kan karakteriseres ved bl.a.:

- hvilke sensortyper den kan kobles opp mot og eventuelt hvilke konkrete sensorer (f.eks. radar fra en spesifikk leverandør) den er kompatibel med og
- funksjonalitet:
 - hvilke type data den er i stand til å behandle: plott, track, ESM-data, klassifikasjonsdeklarasjoner, etc. og
 - evne til situasjonsanalyse, dvs. trekke slutninger om relasjoner mellom enheter (gjenkjenne styrker) og deres aktiviteter/oppdrag.

Grunnen til at BPNen er skilt ut fra sensorene er at det kan være behov for fleksibilitet i forhold til fysisk plassering og hvem som har kontroll over denne ressursen.

En BPN kan være alt fra en applikasjon som kjøres på en datamaskin til å være en stab med trenede operatører.

Koblingen mellom bildeoppbyggingsmodellen og NBF-konseptets modell er, som antydnet i Tabell 3.1, ikke like enkel for BPNer som for sensorer. Dersom det er snakk om en BPN som er en automatisk applikasjon på en datamaskin, vil BPNen kunne betraktes som en del av infostrukturen som en ressurs flere kan gjøre nytte av. Dersom det er snakk om en BPN i form

av en stab, vil BPNen mer naturlig kunne betraktes som en del av en beslutningskomponent.

3.3 Situasjonssbildebrukere

En situasjonssbildebruker (SBB) er, som navnet tilsier, en bruker av et situasjonssbilde. I tillegg til beslutningstakere, regnes også effektorer som SBBer.

3.4 Infostrukturen

Infostrukturens hovedoppgaver i forbindelse med bildeoppbygging er:

- å motta informasjon fra sensorene,
- lagre, filtrere, korrelere og fusjonere denne informasjonen (dersom BPNen som gjør dette betraktes som en del av infostrukturen, se kapittel 3.2),
- å gi konnektivitet mellom bildeoppbyggingsaktørene,
- holde oversikt over hvilke aktører som er aktive,
- holde metadata som beskriver aktørene,
- sørge for at aktører gis beskjed når tjenester de har meldt interesse for blir tilgjengelige og
- tillate søk etter aktører/tjenester basert på metadata.

4 BILDEOPPBYGGINGSSTRATEGIENE

I kapittel 2 ble bildeoppbyggingskonseptet delt inn i to bildeoppbyggingsstrategier. Disse to strategiene er nærmere beskrevet i dette kapitlet.

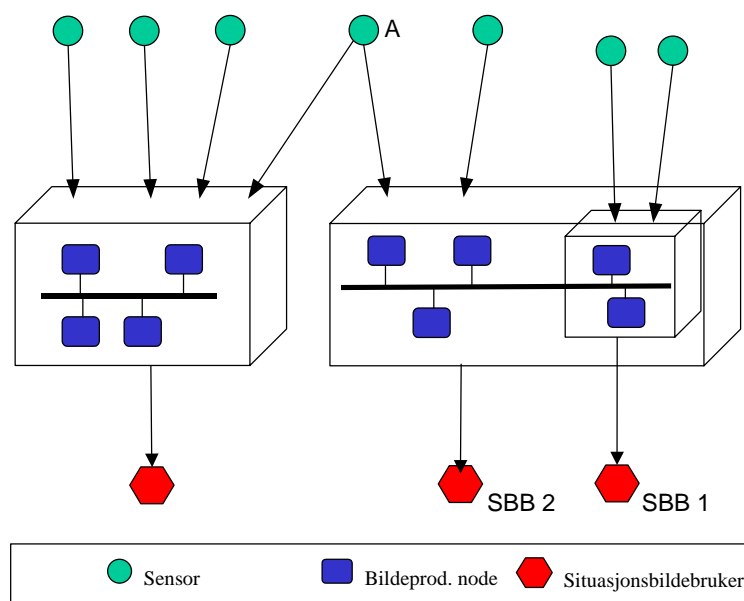
4.1 Strategi 1: Bygging av situasjonssbilder basert på informasjonsbehov

Bildeoppbyggingsstrategi 1 brukes i størst grad der hovedoppgavene er å tildele oppdrag og ressurser, formidle intensjoner, utføre styrkeplanlegging og monitorere utførelsen av oppdragene (kapittel 2). Strategien går ut på at hver enkelt SBB publiserer sitt informasjonsbehov i infostrukturen og får bygget et situasjonssbilde basert på dette behovet. I tillegg kan SBBene gjøre aktive, ofte mer ustrukturerte, søk etter informasjonskilder i infostrukturen og koble seg til disse. Bakgrunnen for denne strategien er en antagelse om at SBBene på dette nivået i stor grad har spesielle individuelle krav til situasjonssbildet, krav som ikke nødvendigvis deles av mange andre SBBere. Situasjonssbildet skal derfor i størst mulig grad skreddersys til den enkelte SBB.

Bildeoppbyggingsstrategien kan illustreres som i Figur 4.1. I figuren er det et eksempel på en ressurs som bidrar til å dekke flere SBBers informasjonsbehov (sensor A). Figuren illustrerer også at en SBB (SBB 2) bruker bildet bygget av en annen SBB (SBB 1) som en del av sitt eget bilde.

Det kreves at SBBenes situasjonssbilder skal være innbyrdes konsistente. Bildene vil ha et størst mulig felles grunnlag ved at en ser på BPNer og sensorer som fellesressurser. Dette vil si at en først prøver å søke en komplettering/utvidelse av den informasjonen som blir produsert for eksisterende bilder før en kobler til nye sensorer og BPNer for å dekke en SBBs behov.

Bildeoppbyggingen initieres av at en situasjonsbildebruker publiserer sitt informasjonsbehov. Det settes da i gang en prosess for å søke å dekke dette informasjonsbehovet. Dette kan innebære at sensorer gis i oppdrag å samle inn data og at sensorer og BPNer kobles sammen for å bearbeide data. I enkleste tilfelle blir brukeren presentert et allerede eksisterende situasjonsbilde. Aktuelle arkitekturer for sammenkobling av sensorer, BPNer og situasjonsbildebrukere er beskrevet i appendiks A.



Figur 4.1 Bygging av flere, innbyrdes konsistente, situasjonsbilder

4.1.1 Spesifisering av informasjonbehov

SBBene har et behov for å kunne spesifisere sitt informasjonsbehov. Eksempler på punkter som bør dekkes i en slik spesifisering er:

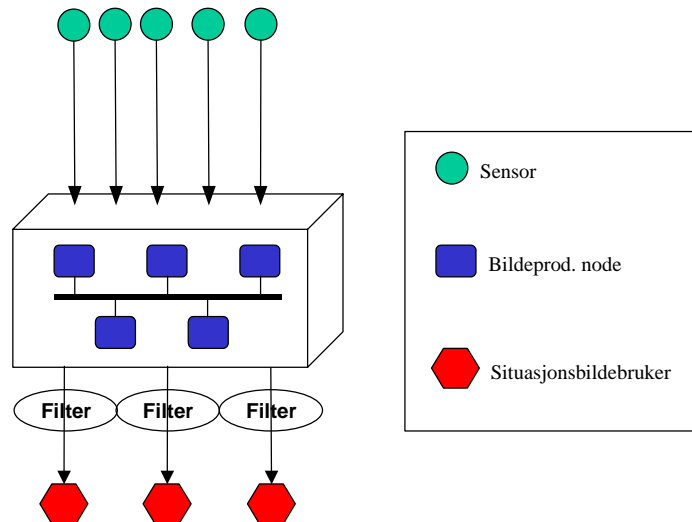
- det geografiske området en ønsker bildet skal dekke,
- ønske om å få undersøkt visse forhold på et gitt tidspunkt (rekognosering) eller et løpende situasjonsbilde (overvåkning),
- hvilken del av det fysiske domene som er interessant (land, luft, undervann, overflate maritimt, rom),
- hvilke type track/objekter en er interessert i (f.eks.: sivil trafikk er uinteressant), krav til kinematiske data om objekter (kinematisk nøyaktighet, oppdateringsrate på data, lengde på eventuell trackhistorie) og
- presisjonskrav til klassifikasjonsinformasjon.

4.2 Strategi 2: Bygging av et felles situasjonsbilde i en gruppe

På utøvende nivå vil det være grupper med et behov for et felles bilde. En gruppe har behov for å være tett integrert enten fordi de befinner seg i samme område eller fordi de har et felles oppdrag å løse (eller begge). Det vil også kunne være tidskrav som gjør en mer bestillingsbasert bildeoppbyggingsstrategi (se kapittel 4.1) uaktuell. Merk at situasjonsbilder for forskjellige

grupper kan være forskjellige, men at de skal være konsistente.

En nyttig tankemodell er å se på et felles situasjonsbilde som en felles database der alle de tilgjengelige dataene ligger. Alle SBBene vil da ha tilgang til det samme situasjonsbildet, men de velger selv de deler av dette bildet de ønsker å presentere (filtrering). Denne filtreringen kan være ut fra teknologiske forhold eller hvilken rolle enheten har. Dette er illustrert i Figur 4.2, og står i motsetning til strategi 1 (Figur 4.1).



Figur 4.2 Bygging av et felles situasjonsbilde

Strategi 2 vil en ha stor fleksibilitet i forhold til i tradisjonell bildeoppbygging. En vil bl.a. ha muligheter for

- å knytte opp nye enheter ad hoc,
- å endre rollene til de ulike aktørene underveis,
- å endre kommunikasjonsmønster (informasjonsutveksling mellom sensorer, BPNer) og protokoll (hva som sendes og hvordan det sendes),
- å knytte en sensor direkte opp mot en SBB, for eksempel en effektor, ved behov og
- mer avansert datafusjon enn det som er tilfelle i for eksempel taktiske datalinker i dag.

De mest aktuelle arkitekturerne for sammenkobling av en gruppe, er beskrevet i appendiks A.

I utgangspunktet finnes det et felles situasjonsbilde kun innad i hver av gruppene. Informasjonen vil imidlertid være tilgjengelig i infostrukturen gjennom BPNene som holder bildet. Dersom en SBB ønsker informasjon som holdes av en BPN som deltar i en annen gruppe skal det være mulig å koble seg opp mot denne. Denne oppkoblingen må ta hensyn til eventuelle restriksjoner i oppkobling pga. kommunikasjon.

4.2.1 Organisering av bildeoppbyggingen i en gruppe

Det er mange måter å organisere bildeoppbyggingen i en gruppe på, og organiseringen kan også variere som funksjon av tid. Valg av organisering kan avgjøres bl.a. av:

- det forventede antallet objekter som inngår i bildet,
- dynamikken i situasjonen,

- grad av overlapp mellom sensorene og
- tilgjengelig båndbredde mellom deltagerne i gruppa.

I forbindelse med demonstratoren nevnt i kapittel 1 ble det sett på to organiseringer:

1. alle rapporterer alle egne track og egen posisjon og
2. den med best kvalitet på tracket rapporterer det i gruppa

Organisering 1 baserer seg på at BPNene i gruppa rapporterer alle trackene de tilknyttede sensorene observerer. Hvis så alle BPNene prosesserer dataene likt (automatisk prosess), vil alle BPNene få det samme situasjonsbildet. Alternativt kan en sørge for like bilder ved å ha eksplisitt trackhåndtering (man distribuerer beslutninger rundt sammenslåing av track etc.).

Organisering 2 baserer seg på bildeoppbyggingsprinsippet i taktiske datalinker, men benytter ikke faste formater, er ikke bundet til fysisk utstyr og tillater ad hoc-organisering. Posisjonsdata rapporteres av den BPNen som har minst usikkerhet i sine posisjonsdata (dvs. kovarians). Når det gjelder klassifikasjonsdata, sender alle sine lokale klassifikasjonsdata slik at disse kan fusjoneres for et best mulig klassifikasjonsresultat. Dette i motsetning til taktiske datalinker der hovedregelen er at den som rapporterer posisjon også rapporterer klassifikasjon.

4.2.2 Beskrivelse av dynamisk informasjonsutveksling

Protokollen for informasjonsutveksling skal kunne tilpasses informasjonsbehovet i styrken, samt de føringene den tekniske infrastrukturen setter (for eksempel kommunikasjon). Eksempler på hva som styrer informasjonsutveksling er:

- oppdateringsrate (kan være basert på tid eller nøyaktighet. I tillegg kan en ha et maksimum rapporteringsintervall. Et annet alternativ er å sende dette fortløpende),
- hvilket område en skal rapportere fra,
- hvilke type objekter som skal produseres (land/luft/overflate/undervanns/rom),
- hvem som har rapporteringsansvar (alle til alle, den som sitter med best data, en eller flere deltagere som er utpekt/bedt om det) og
- endring av klassifikasjon

Trackhåndtering (track management) er eksplisitt ved at det sendes informasjon om nye track, sletting av track, mistede track, sammenslåing/korrelering av track og splitting av track.

Merk at informasjonsutvekslingsprotokollen kan endre seg underveis pga. forhold som dukker opp. Dette kan skje på initiativ fra hvilken som helst av deltakere, men koordinatoren har som hovedregel dette ansvaret. Denne kan gi gruppa beskjed om at den skal endre sin rapportering som spesifisert. Rapporteringen kan også endres per track.

4.3 Ad hoc-organisering

Som nevnt i kapittel 2 står muligheten for ad hoc-organisering av bildeoppbyggingsaktørene sentralt i begge bildeoppbyggingsstrategiene. For å få dette til, må infostrukturen tilby tjenester som:

- holder oversikt over hvilke aktører som er aktive,
- holder metadata som karakteriserer aktørene,
- gir aktørene beskjed når f.eks. en ny aktør ankommer (abonnementtjeneste) og

- tillater aktørene å søke etter andre aktører basert på metadata.

4.4 Konflikter i situasjonsbildet

Det finnes flere typer konflikter som kan detekteres i situasjonsbildet, for eksempel:

- to track som på et tidspunkt er blitt assosiert har signifikant forskjellige kinematiske tilstandsestimater,
- to track som på et tidspunkt er blitt assosiert har motstridende klassifikasjon og
- antall objekter i området.

Disse konfliktene må kunne registreres av en BPN eller en SBB.

En konflikt kan løses på to måter:

- en bildeoppbyggingskoordinator i gruppa løser konflikten og sender løsningen til alle deltakerne
- BPNene som har rapportert informasjonen som er i konflikt løser konflikten ved forhandlinger.

4.5 Bildeoppbyggingskoordinator

Bildeoppbyggingskoordinatoren har som oppgave å sørge for at ressursene utnyttes best mulig i forhold til oppgaven som skal løses. Avhengig av ambisjonsnivå for datastøtte vil deler av denne funksjonen kunne automatiseres. Aktuelle oppgaver er:

- å løse opp i konflikter i data,
- intern ressurstyring i gruppa inkludert det å bestemme bildeoppbyggingsarkitektur og
- å avgjøre hvilken protokoll som skal benyttes (hvilke data som er prioriterte etc.).

5 KONKLUSJON

Rapporten har beskrevet et konsept for bildeoppbygging i NBF. Konseptet innebærer at bildeoppbyggingen ses på som en blanding av to strategier:

1. Situasjonsbildet bygges ut fra brukerens meddelte informasjonsbehov eller ved at brukeren søker etter informasjon (pull-basert bildeproduksjon). Denne strategien benyttes for brukere med et særegent informasjonsbehov som endrer seg som funksjon av tid. De ulike situasjonsbildebukere vil ha konsistente, men ikke nødvendigvis identiske bilder. Strategien er best egnet for brukere som planlegginger og leder operasjoner.
2. Produksjon av et felles bilde innad i en gruppe militære enheter (push-basert bildeproduksjon). De forskjellige brukerne/beslutningstakere henter ut de delene av situasjonsbildet de er interesserte i. Denne strategien er egnet for brukere med et veldefinert informasjonsbehov som deles av flere andre. Typiske eksempler på dette vil være innen krigførsområdene på taktisk nivå, f eks anti-luftkrigføring.

Den nevnte bildeoppbyggingsdemonstratoren tar utgangspunkt i bildeoppbyggingsstrategi 2, og demonstrerer bildeoppbygging i en felles oppdragsgruppe (Joint Task Group) med fokus på ad hoc-organisering av medlemmene av oppdragsgruppa.

Det forventes at konseptet vil endres når man får mer erfaring med hvordan disse tankene kan implementeres. Spesielt vil den utviklede bildeoppbyggingsdemonstratoren være en viktig bidragsyter i denne prosessen.

Litteratur

- (1) Waltz E, Llinas J (1990): *Multisensor data fusion*, Artech house, London.
- (2) Durrant-Whyte H, Stevens M (2001): *Data Fusion in Decentralised Sensing Networks*, Proc. of 4th International Conference on Information Fusion, Montral, Canada, 7. - 10. august.
- (3) Grime S, Durrant-Whyte H F (1994): *Data Fusion in Decentralised Sensor Networks*, *Control Engineering Practice* **2**, 5, 849-863.
- (4) Hall D L, Llinas J (1997): *An Introduction to Multisensor Data Fusion*, *Proceedings of the IEEE* **85**, 1, 6-23.
- (5) Delong R P (1990): *Ten Principles of Command and Control System Automation*, *Naval Engineers Journal*, January, 57-67.
- (6) Forsvarsdepartementet (2003): *Forsvarssjefens militærfaglige utredning 2003: Konsept for nettverksbasert anvendelse av militærmakt..*
- (7) Bråthen K et al. (2004): *Teknologidemonstrator for nettverksbasert forsvar*, FFI/RAPPORT 2004/xxxxx, Forsvarets forskningsinstitutt (under utgivelse)

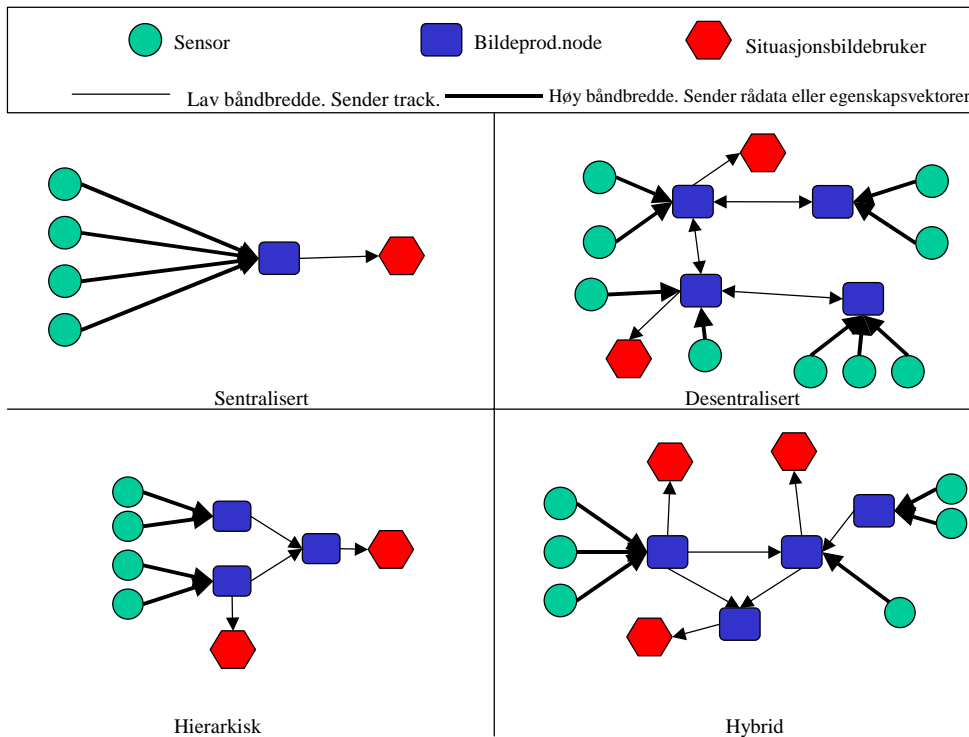
Appendiks

A BILDEOPPBYGGINGSARKITEKTURER

De viktigste føringene for sammenkobling av BPNer er:

- robusthet (ønsker å unngå at systemet har et "single point of failure")
- kommunikasjon

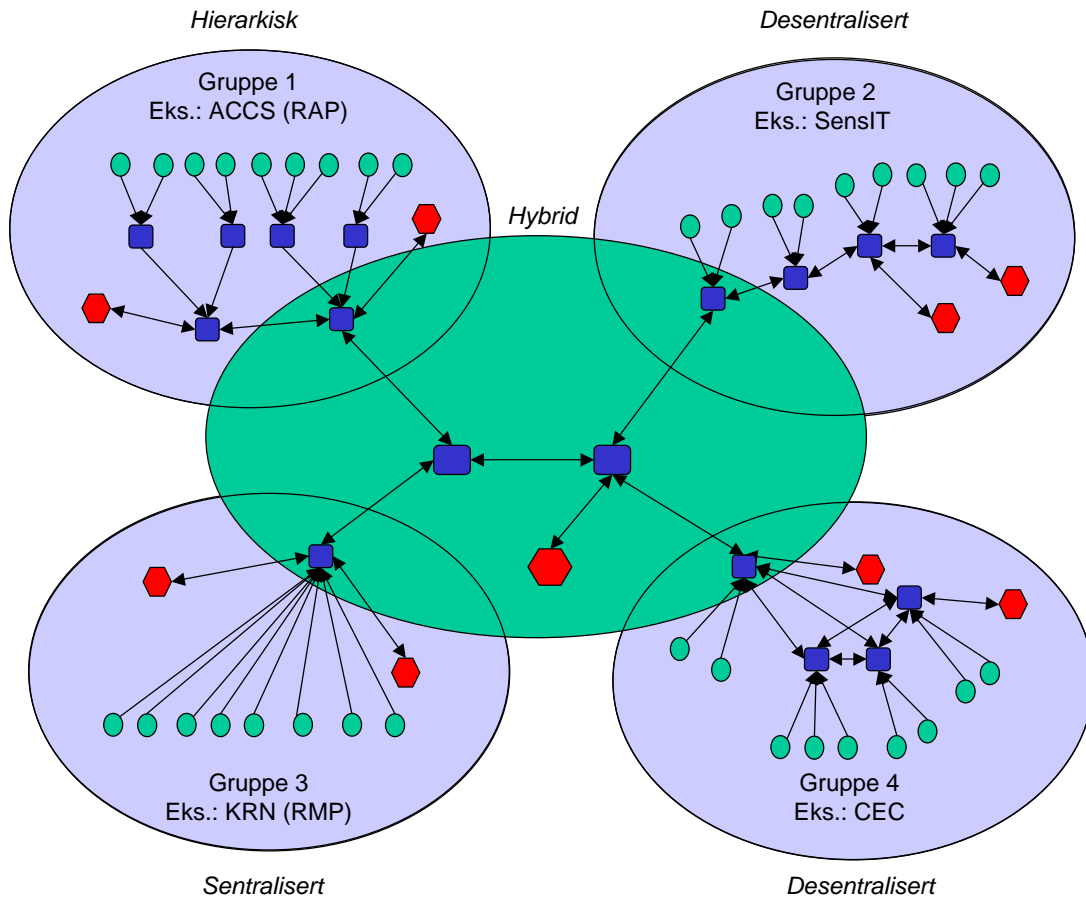
De fire arkitekturene som er aktuelle for å koble sensorer med BPNer og BPNer med andre BPNer, er vist i Figur A.1 og omtales i appendiksene A.1 - A.4. For å illustrere de arkitekturene som anses å være alternativer for organisering av bildeoppbyggingen, er det i Figur A.2 vist fire grupper med hver sin arkitektur. I midten er det BPNer som sammenstiller informasjonen fra disse gruppene. Denne har forbindelse med en samling BPNer som sammenstiller informasjonen fra alle gruppene.



Figur A.1 Arkitekturer

A.1 Sentralisert

I en sentralisert arkitektur sendes all informasjon fra informasjonskildene som rådata til ett sted for assosiasjon og fusjon (1). Med en gang det er snakk om å fusjonere fusjonsresultater med andre fusjonsresultater (f.eks. track med track) er det ikke lenger sentralisert datafusjon.



Figur A.2 Eksempler på forskjellige arkitekturer. Den grønne ellipsen indikerer bildeoppbygging med strategi 1 mens de blå ellipsene indikerer bildeoppbygging med strategi 2 (se kapittel 2). Med hver gruppe er det også gitt eksempler på systemer med gruppas arkitektur: Hierarkisk: Air Command and Control System (produserer Recognised Air Picture); Desentralisert: Sensor Information Technology (DARPA-prosjekt som utvikler software for nettverk av distribuerte mikrosensorer); Sentralisert: Kystradar Nord (bidrar til Recognised Maritime Picture); Desentralisert: Cooperative Engagement Capability (desentralisert bildeoppbygging der deltakerne utveksler rådata).

En sentralisert arkitektur alene er ikke aktuell pga. robusthets- og kommunikasjonshensyn, til tross for at den er informasjonsteoretisk optimal (4). Problemet med en sentralisert arkitektur er at den vil inneholde en BPN som hele systemet er avhengig av. Dersom denne BPNen feiler, vil hele systemet feile. Den er allikevel illustrert nederst til venstre i Figur A.2.

A.2 Hierarkisk

Med en hierarkisk arkitektur, ligger det til rette for at man kan fusjonere data fra like sensorer² først for så å sende dette resultatet videre til videre fusjon. Dette er ønskelig for å få best mulig fusjon (både assosiasjon og estimater) av observasjonene (5). En hierarkisk arkitektur er et spesialtilfelle av en distribuert arkitektur. Dette er illustrert øverst til venstre i Figur A.2. Man kan også tenke seg at man istedenfor først å fusjonere data fra like sensorer, heller, av

² Med like sensorer menes her sensorer som observerer de samme observasjonsdimensjonene (f.eks. peiling, avstand, posisjon osv.)

kommunikasjonshensyn, fusjonerer data fra sensorer som er lokalisert så nær hverandre at de har overlappende dekningsområde i tid og/eller rom. Det antas da også at det er god kommunikasjon mellom BPNen og de nært lokaliserte sensorene.

I den hierarkiske arkitekturen vil det kun være BPNene på toppen av hierarkiet som holder det felles situasjonsbildet i styrken. Av robusthetshensyn bør det være minst to BPNer i gruppa som holder dette situasjonsbildet.

Den hierarkiske arkitekturen er slik at det finnes en sti fra enhver sensor til enhver BPN som holder det felles situasjonsbildet.

SBBer kan koble seg til hvilken som helst av BPNene som befinner seg på toppen av hierarkiet for å hente ut de ønskede delene av det felles situasjonsbildet. Infostrukturen må holde informasjon om hvilke av BPNene som holder dette bildet.

A.3 Desentralisert

En desentralisert arkitektur innebærer et nettverk av noder med egne fusjonsfasiliteter der avgjørelser angående fusjon og kommunikasjon tas lokalt. Fusjon skjer lokalt i hver node på grunnlag av data fra de tilkoblede sensorene og informasjon fra nabo-nodene.

Et desentralisert datafusjonssystem er karakterisert av tre ting (2):

1. Det finnes ingen sentral datafusjonsnode.
2. Det finnes ikke noen felles kommunikasjonsfasilitet. Nodene kan ikke kringkaste resultater, og kommunikasjon må holdes på node-til-node-nivå.
3. Sensornodene kjenner ikke sensornettverkets topologi. Nodene kjenner bare til sin kobling til nabonoder.

Desentraliserte systemer har ikke noen form for sentralt fusjonssenter - ulikt de desentraliserte systemene som ofte beskrives i litteraturen, men som egentlig typisk er hierarkiske.

Med en desentralisert arkitektur vil det kunne være færre BPNer enn i en hierarkisk arkitektur slik som den beskrevet i kapittel A.2 siden det ikke kreves to (eller flere) nivåer av BPNer.

Det er to alternative desentraliserte arkitekturer: en med alle-til-alle-kommunikasjon mellom BPNene og en uten. Disse er illustrert i Figur A.2 henholdsvis nederst til høyre og øverst til høyre. En desentralisert arkitektur med alle-til-alle-kommunikasjon vil stille atskillig høyere krav til den tilgjengelige båndbredden enn en desentralisert arkitektur uten alle-til-alle-kommunikasjon. Dessuten vil problemer med datalooping kunne være større i en alle-til-alle-arkitektur. Til gjengjeld vil varianten uten alle-til-alle-kommunikasjon kreve kompliserte algoritmer og metoder for å sikre at alle nodene har det totale situasjonsbildet til tross for at ikke alle snakker med alle. I (3) beskrives algoritmer og metoder som tillater hver node å ha det totale situasjonsbildet bildet selv om de kun kommuniserer med sine nabonoder.

I en desentralisert arkitektur vil alle BPNer holde det felles situasjonsbildet, noe som gjør en slik arkitektur robust.

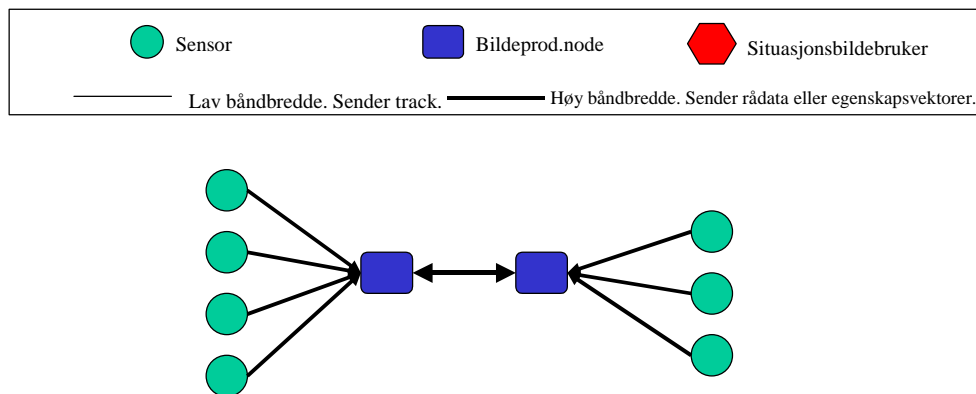
A.4 Hybrid

En hybrid arkitektur er en blanding av arkitekturene nevnt i kapitlene A.1- A.3, og kan ha egenskapene til enkelte av arkitekturene i deler av den totale arkitekturen. Man kan f.eks. sette opp arkitekturen slik at utvalgte BPNer vil inneholde all tilgjengelig informasjon.

Figur A.2 sett som helhet er et eksempel på en hybrid arkitektur.

A.5 Fysisk og logisk arkitektur

Det er viktig å skille mellom fysisk og logisk arkitektur. Man kan godt ha en fysisk distribuert arkitektur, altså at BPNene befinner seg på forskjellige steder, samtidig som man har en logisk sentralisert arkitektur. Det som skal til, er at de fysisk distribuerte BPNene sender alle sine rådata seg imellom, se eksempel i Figur A.3.



Figur A.3 *Eksempel på en arkitektur som er fysisk distribuert, men informasjonsteoretisk sentralisert*