



(12) **PATENT**

(11) **344766**

(13) **B1**

NORGE

(19) **NO**

(51) **Int Cl.**

G01S 15/89 (2006.01)

G01S 7/521 (2006.01)

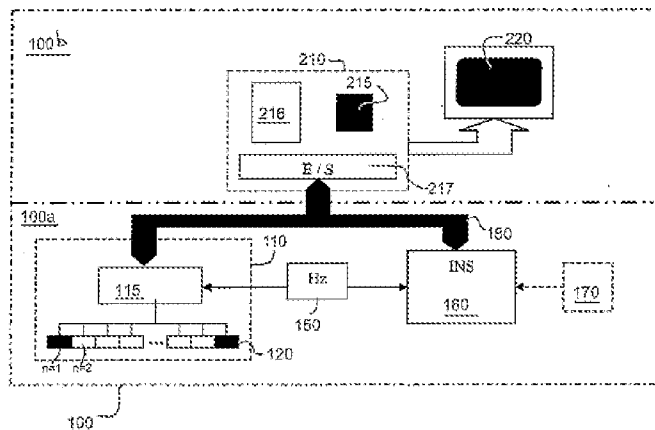
Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20085011	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2007.05.15 PCT/FR2007/051275
(22)	Inng.dag	2008.12.02	(85)	Videreføringsdag	2008.12.02
(24)	Løpedag	2007.05.15	(30)	Prioritet	2006.05.16, FR, 06 51762
(41)	Alm.tilgj	2009.02.11			
(45)	Meddelt	2020.04.20			
(73)	Innehaver	Ixblue, 55 avenue Auguste-Renoir, 78160 MARLY-LE-ROI, Frankrike			
(72)	Oppfinner	Didier Charlot, 16, rue Capitaine Coadou, 29680 ROSCOFF, Frankrike Frédéric Jean, 5, place des Anciennes Écoles, 83136 MEOUNES LES MONTRIEUX, Frankrike Fabien Napolitano, 2 rue Reu Toul An Aon, 29290 SAINT RENAN, Frankrike			
(74)	Fullmektig	ZACCO NORWAY AS, Postboks 2003 Vika, 0125 OSLO, Norge			

(54)	Benevnelse	Sonarbildesystem med en syntetisk blender
(56)	Anførte publikasjoner	HANSEN R E ET AL; "Signal processing for AUV based interferometric synthetic aperture sonar" OCEANS 2003; XP010694872 HUANG Y ET AL; "Synthetic aperture sonar movement estimation" Neural Networks and Signal Processing, 2003; XP010692969 GRIFFITHS H D ET AL; "Interferometric synthetic aperture sonar for high-resolution 3-D mapping of the seabed" IEE PROCEEDINGS: RADAR, SONAR & NAVIGAT, 19970407; XP006008904
(57)	Sammendrag	

Et syntetisk antennesonarsystem innbefattende: en sonar anordnet med utsendelsesinnretning og mottaksinnretning, der mottaksinnretningen innbefatter en sammensatt fysisk antenne som innehar N transducere, sonaren er plassert på en mobil transportør, en inertialenhet anordnet på transportøren og passende for å måle øyeblikksposisjon og -orienteringsinformasjon av transportøren, der en felles klokke som leverer et tidsbestemt signal som muliggjør synkroniseringen av både inertialenheten og sonaren.

Antennesonarsystemet omfatter videre en innretning for å bestemme øyeblikkshastigheten til transportøren, den bestemte hastigheten blir matet til inertialenheten for å korrigere driften av denne, og mikronavigasjonsinnretning som muliggjør et bilde av sjøbunnen å bli oppnådd gjennom formingen av de syntetiske antennekanalene fra K gjentakende sonar operasjoner, ved å betrakte at den fysiske antennebevegelsen under transportørens forskyvning er fullstendig kjent fra informasjonen målt av inertialenheten.



Foreliggende oppfinnelse er relatert til syntetisk antennesonarsystemer og operasjonen av disse.

5 Oppløsningen av konvensjonell sonar på en gitt rekkevidde avhenger av antennelengden. Slik sett i et første tilfelle vil den lineære dimensjonen måtte bli økt for å forbedre sonaroppløsningen.

Dermed, siden dimensjonene til transduserne ikke kan økes tilsvarende vil sammensatte fysiske antenner som består av en lineær matrise med N transducere måtte bli foreslått.

10 Tilslutt vil konstruksjon av ny beregning og signalprosesseringsinnretninger måtte muliggjøre såkalt ”syntetiske antenner” som å bli utviklet.

En sonarinnretning er brukt, for eksempel som en lateral sonar. Den sammensatte 15 antennen blir dermed plassert på en av flankene til fisken eller transportøren, som er nedsenket slik at den kan ta et bilde av sjøbunnen. Transportøren kan være selvdrevet, men er forekommet tauet av et overflateskip. Transportøren blir flyttet langs en langsgående retning Y vesentlig parallelt med antennens lineære retning. Den latterale sonaren har dermed en observasjonsretning normalt på retningen Y .

20 Det syntetiske antenneprinsippet består i å bruke signalene mottatt av de forskjellige transduserne i den fysiske antennen som opererer som mottagere på K instanser og dermed ved K på hverandre følgende steder. Som skjematisk vist i fig. 1 vil en passende signalprosessering tillate gradvis rekonstruksjon av en antenne der den lineære 25 dimensjonen av denne kan være stor. Oppløsningen oppnådd med en syntetisk antenne samsvarer med det som gjelder for konvensjonelle antenner som har en lengde tilsvarende til lengden dekket under K forskjellige på hverandre følgende gjentagende datainnsamlingene.

30 Mer presist, for å forme kanalene til en syntetisk antenne vil de $K \times N$ signalene levert av de N transduserne under de gjentagende K på hverandre følgende instansene være lineært kombinert. En gjentakelse samsvarer med et tidsintervall som starter ved utsendelse av et akustisk signal under en kort utsendelsesvarighet etterfulgt av mottak av det tilsvarende ekkoet. De lineære koeffisientene til denne kombinasjonen samsvarer 35 med etterslep eller faseskift på grunn av, på den ene side, at de forskjellige sensorene er

plassert forskjellig langs antennen og, på den annen side, ved at antennens relative posisjon forandres i relasjon til objektet som skal bli detektert, dvs. ekkokilden.

I det enkle tilfellet av en perfekt rett og uniform bevegelse av transportøren, og dermed av antennen, vil disse etterslepene være kjent. I realiteten være transportøren bevege
5 seg mye og på en tilfeldig måte. Posisjoner til sender og mottagertransducere under de gjentakende K innsamlingene er dermed ikke presist kjent. Følgelig vil geometrien til antennen som blir syntetisert være upresis.

Dermed vil presisjonen til en slik syntetisk antennesonar være begrenset av
10 antenneavvik relativt til et rett og uniformt teoretisk navigasjonsspor.

Forskjellige løsninger har blitt undersøkt og tiltak for å bøte på disse ulempene for å øke observasjonsnøyaktigheten.

15 FR-2769372 starter fra det utsagn at nøyaktigheten som er påkrevet for antenneposisjonsmålingen er utenfor rekkevidde av en inertial enhet (INS) på grunn av et feilen i den rommelige posisjonsmålingen til skipet utstyrt med denne er for stor.

For å unngå å bruke en INS peker FR-2769372 på utvikling av såkalte
20 ”selvforkuserende” fremgangsmåter som tillater å oppnå, blant andre ting, antenneposisjonen fra en prosessering av de forskjellige målesignalene. Det bør legges merke til i særlig grad at selvforkuseringsfremgangsmåten beskrevet i det amerikanske patentet US-42444036 er det nøyaktigheten til antennerotasjonsvinkelen mellom to gjentakelser som er faktoren som begrenser fremgangsmåtens nøyaktighet.

25 For å bøte på denne vanskeligheten foreslår FR-2769372 å korrigere effektene på grunn av vinkelvariasjoner til antennen ved å bruke et gyrometer og å måle mottagssignalet helningsvinkel ved hjelp av en hjelpeantenne normalt på den sammensatte hovedantennen.

30 Følgelig har foreliggende oppfinnelse det formål å foreslå et annet syntetisk antennesonarsystem som muliggjør en forbedret oppløsning som blir oppnådd ved å bruke en syntetisk antenne.

35 Slik sett er en hensikt med foreliggende oppfinnelse et syntetisk antennesonarsystem innbefattende: en sonar anordnet med utsendelsesinnretning og mottaksinnretning,

mottaksinnretningen innbefatter en sammensatt fysisk antenne som har N transducer, sonaren er plassert på en mobil transportør, en inertial enhet er anordnet på transportøren og passende for å måle instantan posisjon og orienteringsinformasjon for transportøren, og en klokke.

5

Sensorsystemet i henhold til foreliggende oppfinnelse er karakterisert ved at klokken er en fellesklokke som leverer et tidsmessig signal som muliggjør synkroniseringen av både inertialenheden og sonarene, og ved at sonarsystemet også innbefatter: innretninger for å bestemme den instantane hastigheten til transportøren, hvor den bestemte hastigheten mates til inertialenheden for å korrigere drift av denne, og mikronavigasjonsinnretning som muliggjør et bilde av sjøbunnen som blir oppb \ddot{u} nådd gjennom danning av de syntetiske antennekanalene fra K gjentakende sonar operasjoner. Ved å betrakte at den fysiske antennebevegelsen under transportørens forsyning er fullt kjent fra informasjonene målt av inertialenheden.

10

Foretrukket muliggjør mikronavigasjonsinnretningen også batymetrisk informasjon om sjøbunnen som kan oppnås.

15

I en foretrukket utførelse er mikronavigasjonsinnretningen første mikronavigasjonsinnretning, innbefatter sonarsystemet videre andre mikronavigasjonsinnretning som muliggjør beregning av instantan forskyvning og orienteringsinformasjon av den fysiske antennen.

20

Foretrukket bruker den andre mikronavigasjonsinnretningen en selvforkuserende fmgangsmåte for å beregne den instantana posisjonen og orienteringsinformasjonen til den fysiske antennen.

25

Enda mer foretrykket blir den andre mikronavigasjonsinnretningen brukt som innretning for å bestemme den instantane hastigheten til transportøren, hvorved den bestemte hastigheten blir matet til inertialenheden som bli redusert fra informasjonene beregnet av den andre mikronavigasjonsinnretningen.

30

I en annen utførelse vil den hastighetsbestemte innretningen bestå av en logg, for eksempel en Doppler logg, passende for å gi en målt instantan hastighet som den bestemte hastigheten.

35

Foretrukket opererer mikronavigasjonsinnretningen i sanntid.

I en bestemt utførelse, der den fysiske antennen har en lengde på 2 m og som består av N transducere som opererer i mottaksmodus og sendingsinnretning som genererer et
5 akustisk signal med en frekvens på omkring 100 kHz, muliggjør sonaren et bilde med en oppløsning i størrelsesorden av 15 cm på en rekkevidde av 300 m som blir oppnådd.

En annen hensikt med foreliggende oppfinnelse er en transportør ment å bli flyttet langs langsgående retning av denne og som innbefatter, på hver flanke av denne, et
10 sonarsystem i henhold til foreliggende oppfinnelse.

Enda en annen hensikt med foreliggende oppfinnelse er en fremgangsmåte for å danne en syntetisk antenne gjennom bruken av et sonarsystem innbefattende en sammensatt fysisk antenne som har N transducere, sonaren er plassert på en transportør som er
15 flyttbar i en forskyvningsretning, en inertialenhet anordnet på transportøren, og en klokke.

Fremgangsmåten i henhold til foreliggende oppfinnelse er karakterisert ved at den består av:

20 Bestemme en instantan hastighet til transportøren, og korrigerer en drift en enheten ved å mate sistnevnte med den forhåndsbestemte instantane hastigheten, synkronisering av enheten og sonaren ved hjelp av et klokkesignal levert av klokken, som er brukt som en hovedklokke, et trinn med K lydbestrålinger av et område som skal avbildes, et trinn med K gjentagelser av de N elektriske signalene fremstilt av hver av de fysiske
25 antennetransducere, et trinn for å måle instantan posisjon og orienteringsinformasjon til transportøren ved hjelp av enheten, et mikronavigasjonstrinn som består i å danne de syntetiske antennekanalene ved korrelasjon av de $K \times N$ signalene, ved å betrakte at den fysiske antennebevegelsen er kjent fra informasjonen målt av inertialenheten.

30 Foretrukket innbefatter fremgangsmåten et trinn for å danne et bilde med et bilde med skygger og ekkoer og et batymetrisk bilde ved å bruke dataene som er funnet etterfulgt danningen av den syntetiske antennen under mikronavigasjonstrinnet.

Enda mer foretrukket vil mikronavigasjonstrinnet som er et første
35 mikronavigasjonstrinn videre innbefatte at fremgangsmåten innbefatter et andre mikronavigasjonstrinn som består i å danne de syntetiske antennekanalene ved å

korrelere de $K \times N$ signalene uten å kjenne a priori den fysiske antennebevegelsen, det andre mikronavigasjonstrinnet muliggjør, blant andre ting, å beregne den instantane posisjonen og orienteringsinformasjonen til den fysiske antennen.

Foretrukket vil det andre mikronavigasjonstrinnet implementere den selvfokuserende fremgangsmåte.

Foretrukket vil den instantane hastigheten til transportøren bli bestemt fra informasjoner bestemt under det andre mikronavigasjonstrinnet, den så bestemte hastigheten bli matet til enheten for å korrigere driften av denne.

10

Enda mer foretrukket vil i det minste et trinn blant det første mikronavigasjonstrinnet, det andre mikronavigasjonstrinnet og bildedanningstrinnet bli utført i sanntid.

Foreliggende oppfinnelse vil bedre bli forstått og andre formål, detaljer, egenskaper og fordeler av denne vil bli mer klart åpenbare fra beskrivelsen av en bestemt utførelse av foreliggende oppfinnelse som er gitt bare som et illustrerende ikkebegrensede eksempel med referanse til de medfølgende tegningene. Disse tegningene er:

15

Fig. 1 viser skjematisk på venstre side en sammensatt fysisk antenne og på høyre side det generelle prinsippet for en syntetisk antenne oppnådd gjennom forskyvning av den fysiske antennen;

20

Fig. 2 viser den fysiske arkitekturen til sonarsystemet i henhold til foreliggende oppfinnelse.

25

Fig. 3 viser skjematisk den sammensatte fysiske antenneposisjonen for to på hverandre gjentagelser k og $k+1$;

Fig. 4 er et blokkdiagram som illustrerer operasjonen av sonarsystemet i fig. 2;

30

Fig. 5 er en graf som indikerer korreksjonen av INS drift med tid i henhold til foreliggende oppfinnelse, og

Fig. 6 er et bilde oppnådd av sonarsystemet i henhold til foreliggende oppfinnelse.

35

Sonarsystemet i henhold til foreliggende oppfinnelse er skjematisk vist i fig. 2.

Sonarsystemet 100 innbefatter en del 100a ment å være nedsenket og som er plassert på transportøren, og en del 100b ment å være om bord på overflateskipet. Delene 100a og 100b i sonarsystemet 100 kommuniserer med hverandre via passende elektriske kabler.

5

Den nesenkede delen 100a innbefatter en sonar 110 anordnet med en antenne 120 som består av N transducere som opererer i mottaksmodus og N' transducere som opererer i utsendelsesmodus. Sonaren 110 innbefatter elektronikk 115 tilpasset til periodisk å sende ut den ønskede akustiske signalet og å motta de tidsmessige signalene for hver av transducerne som virker som mottagere. Dersom teknikken muliggjør et hurtig skifte fra utsendelsesfunksjon til mottagsfunksjon vil en samlet transducer kunne bli brukt for disse to funksjonene.

10

Elektronikk 115 muliggjør også en kommunikasjon med en del 110b i sonarsystemet 100.

15

Del 100a innbefatter også en inertial enhet (INS) 160. For eksempel, inertialenhet 160 kan være "Phins" inertialenhet fra IXSEA Company, med en samplingperiode på 10 ms. Operasjonen til en inertialenhet er vel kjent og trenger ikke å bli beskrevet i detalj.

20

Enheten 160 gir passende sensormålinger om transportørbevegelsen og leverer målte instantane posisjoner og orienteringsinformasjon om transportøren på hvert tidspunkt. Vinkelnøyaktighet er i størrelsesorden av 0,01°.

Sonarsystemet 100 innbefatter også en felles klokke 150. For eksempel klokken til CMAX selskapet, benevnt CFPT37, kan bli brukt. Den leverer et klokkesignal på 40 MHz til de forskjellige komponentene i sonarsystemet 100 slik at hele arkitekturen har en felles tidsreferanse. Særlig er klokkesignalet anvendt i sonar 110 og enhet 160. Dermed vil sonar 110 og INS 160 være synkronisert med mer enn 25 nanosekunder som tillater, som vil bli beskrevet senere, å synkronisere prosesseringen av bildene og posisjonssignalene. I en variant vil hovedklokken kunne være den interne klokken til sonaren eller klokken til en annen komponent i systemet. Men det er foretrukket, som vist i fig. 2, å legge til en klokke med stor nøyaktighet for å klokke hele systemet.

25

30

Del 100b i sonarsystemet innbefatter en kalkulator 210. Denne kalkulatoren kan være en PC type datamaskin innbefattende en beregningsenhet eller prosessor 215, lagringsinnretninger 216, slik som en slettbar hukommelse og ikke-slettbar

35

hukommelse, så vel som inngang og utgangsgrensesnitt som muliggjør kommunikasjon på den ene side, med lavere del 100a, mer bestemt med sonar 110 og INS 160, og på den annen side, med periferienheter slik som en monitor 220 eller en skriver for å visualisere bilder av de innsamlede og prosesserte informasjonene.

5

Under operasjon vil transportøren navigeres på en gjennomsnittlig høyde relativt til sjøbunnen måålt langs vertikalakse Z. I siktplanet til den latterale sonaren, samsvarer langsgående retning Y med retningen til transportørens gjennomsnittlige forskyvning og retning X er plassert i et plan normalt på retningen Y og inneholder retningen Z.

10

Med referanse til fig. 3 vil den nedsenkede transportøren bære, på hver flanke av seg, en sammensatt fysisk antenne 120, som består av N transducere 121 som opererer som mottagere og som former den lineære matrisen. Aksen til antennen 120 faller sammen med transportørens langsgående akse.

15

Ved siden av de N transducere brukt for mottak er to transducere 122 anordnet på hver ende av antennen 120 som er brukt som sendere. I en annen utførelse vil bare en transducer virke som en sender som kan være anordnet i midten av matrisen. I enda en utførelse vil tre transducere, der to er anordnet i hver ende av antennen, operere som

20

sendere.

Den syntetiske antenneformasjonen vil i prinsippet nå bli beskrevet. I fig. 3 er den fysiske antennen 120 først vist ved gjentakelse k, så i neste gjentakelse k+1. I den illustrerte utførelsen innbefatter antennen 120 åtte transducere 121 nummerert fra

25

venstre til høyre i fig. 2: $n = 1$ til $n = 8$. Transducere 121 som er anordnet i den fysiske antennens ender ($n = 1$ og $n = 8$) er brukt for sending. De andre mellomliggende transducere ($n = 2$ til $n = 7$) er brukt for mottak.

30

Mellom to på hverandre følgende gjentakelser vil den fysiske antennen flytte seg. Dermed vil et avvik eller mikronavigasjonsbevegelse relativt til den ønskede navigasjonen, relativt til et rett og uniformt spor, bli forsøkt å bli bestemt. Selvsagt vil effekten av treghet, strøm eller lignende generere fluktuasjoner i transportørens posisjon relativt til dette ønskede sporet.

35

Bevegelsen av antennen som er fast, mellom to hverandre følgende instanser er dermed bestemt gjennom variasjonen av antennens geometriske senterposisjon (tre posisjonelle

parametere) og til antennens orientering rundt dette geometriske senteret (tre vinkelparametere).

Dersom transportøren faktisk beveger seg langs det ønskede sporet på en maksimal
 5 hastighet av $L/2$, hvor L er den fysiske antennelengden, vil det være en svært stor
 korrelasjon mellom signalene oppnådd på transducerne i den andre halvdel av den
 fysiske antennen 120b ved gjentakelse k og de som er funnet på transducerne i den
 første halvdel av den fysiske antennen 120a ved gjentakelse $k + 1$.

10 Det er konkludert at følgelig dersom den fysiske antennen er utsatt for en
 mikrobevegelse mellom to gjentakelser k og $k+1$, vil tilleggsforsinkelser bli innført
 under danningen av de syntetiske antennekanalene, forsinkelser som muliggjør en
 maksimal korrelasjon som blir oppnådd mellom transducerne i den andre halvdel av
 antennen ved gjentakelse k og de i den første halvdel av antennen ved gjentakelse
 15 $k+1$, som inneholder informasjon om avviket relativt til den idelle bevegelse av
 antennen.

Men tilleggsfaseskiftet som blir ført inn kommer fra to forskjellige bidrag:

- en forsinkelse for korrelering av to transducere, antennen har undergått en
 20 mikrobevegelse;
- en forsinkelse på grunn av det faktum at kilden M er observert under en annen
 vinkel mellom gjentakelsene k og $k+1$.

Med referanse til fig. 4 er to teknikker implementert i henhold til foreliggende
 25 oppfinnelse som evaluerer og separerer disse bidragene.

Den første implementerte fremgangsmåten, kalt første mikronavigasjonsfremgangsmåte
 310 heretter, består i å bruke den instantane posisjonen og orienteringsinformasjonen
 målt av inertialenheden 160 for fullstendig å bestemme bevegelsen av antennen 120
 30 mellom en gjentakelse k og den neste gjentakelsen $k+1$.

Med en gang bevegelsen av antennen 120 er kjent vil antennesyntesen kunne finne sted
 for den siste K gjentakelsen.

Og, for eksempel koherent syntese av de $K \times N$ signalene som kommer fra de forskjellige transducerne tillater å danne et bilde av typen av skygger og ekkoeer på sjøbunnen.

- 5 Videre, vil tilleggsforsinkelen innført under danningen av kanalene for å finne den maksimale koherensen mellom de forskjellige signalene være tolket som å være fullstendig på grunn av kilden M som blir observert under forskjellige vinkler. Dette muliggjør hovedsakelig bestemmelsen av den vertikale posisjonen til kilden M , som samsvarer med en batymerisk eller topografisk informasjon om sjøbunnen.
- 10 I henhold til en andre fremgangsmåte, kalt andre mikronavigasjonsfremgangsmåter 320, er signalprosesseringsfremgangsmåter implementert for å separere bidrag på grunn av kilden fra de som skyldes antennebevegelsen. For eksempel, selvfokuseringsfremgangsmåten beskrevet i patent US-4244036 kan bli brukt. Den kan muligens bli forbedret ved å bruke fremgangsmåten beskrevet i patent FR-2738918,
- 15 gjennom hvilken fasesenteret til den fysiske antennen blir skiftet langs antennen mellom to på hverandre følgende gjentakelser for å øke korrelasjonen mellom disse fasesentrene. Andre mikronavigasjonsfremgangsmåter 320 muliggjør dermed beregning av instantan posisjon og orienteringsinformasjon for antennen.
- 20 I fig. 4 er operasjonen til sonarsystemet 100 vist i et blokkdiagram. Klokken 150 sender periodisk et klokkesignal til sonar 110 og enhet 160, slik at disse to undersystemene er totalt synkronisert. Ved hver gjentakelse k , vil sonaren sende N tidsmessig signaler $S_{n,k}$. På samme tid vil enhet 160 levere målinger av den instantane posisjonen $xyz(t)$ og av den instantane orienteringer $\theta\phi\Psi(t)$.
- 25 En første mikronavigasjonsalgoritme 310 er implementert i formen av et program der instruksjonene til denne er lagret i lagringsinnretningen 216 i datamaskinen 206 som så blir utført av prosessor 215. Algoritmen bruker de målte posisjonsdata og signaler $S_{n,k}$ over en dybde K av gjentakelser av synteser for sonarantennen i sanntid.
- 30 Videre, vil en algoritme for å danne et skygge og ekkobilde 330 bruke informasjonen funnet under antennesyntesen under første mikronavigasjon 310 for å generere i sanntid et skygge og ekkobilde på skjermen 220.

Videre vil en algoritme for å danne et batymerisk bilde 340 bruke informasjonen fynnet under antennesyntesen under den første mikronavigasjonen 310 for å generere i sanntid et batymetrisk bilde av sjøbunnen.

5 Dersom sanntidsantennesyntesen ikke representerer et bestemt problem med hensyn til antallet av beregningsoperasjoner som er redusert ved å ta hensyn til arbeidsfrekvensen til prosessorene for dagens bestemte datamaskiner og tiden som er tilgjengelig mellom to sonaroperasjonsgjentagelser, vil muligheten for å danne bilder i sanntid være sensitiv. Opp til nå har den kjente "fast factorised back projection" fremgangsmåten (se for
10 eksempel arbeidet med tittelen "Studies in High Resolution Synthetic Aperture Sonar", av S.BANKS i "University College London", 2002) blitt sterkt parallellisert for å generere en algoritme som muliggjør å bli utført av en datamaskin som har flere prosessorer som opererer parallelt. Dermed er det mulig å vise på skjermen et bilde som samsvarer med et glidende sjøbunnobservasjonsvindu på 1 m x 600 m, ved hver
15 gjentagelse, typisk hver 400 ms.

En andre mikronavigasjonsalgoritme 320 er også implementert i programvare. Enten blir denne andre mikronavigasjonsalgoritmen utført på den samme datamaskinen 210 som den førte mikronavigasjonsalgoritmen 310, eller den andre algoritmen er
20 implementert i en annen datamaskin eller lignende.

Den andre mikronavigasjonsalgoritmen 320 tar som inngang signalene $S_{n,k}$ over en dybde av K gjentagelser for å bestemme begge bidragene på grunn av antennebevegelsen og bidrag som stammer fra observasjon av et sjøbunnpunkt under en
25 vinkel som varierer over tid. Andre mikronavigasjonsfremgangsmåte 320 muliggjør instantan forskyvning og orienteringsinformasjon av den fysiske antennen som blir generert.

I den foreliggende foretrukne utførelsen av foreliggende oppfinnelse vil posisjonene
30 beregnet av andre mikronavigasjon 320 være lagret i en loggbok 350 som blir brukt til å korrigere driften av inertialenheten 160.

Selvsagt, å oppnå en tilstrekkelig nøyaktighet slik at informasjonen målt av inertialenheten 160 kan bli brukt i bildeprosesseringen er det ikke bare viktig at enheten
35 og sonaren er synkronisert men også at driften til inertialenheten 160 blir korrigert. Som vist i fig. 5, siden inertialenheten ikke har noen fast landemerke, vil driften som

samsvarer med forskjellen mellom posisjonen målt av inertialenheten og den virkelige posisjonen variere i henhold til enhetens egenbevegelse. Det er dermed nødvendig å måle enheten med hastighetsinformasjon.

5 I den foretrukne utførelsen av systemet i henhold til foreliggende oppfinnelse blir denne hastigheten bestemt basert på informasjon funnet fra andre mikronavigasjonsfremgangsmåter 320. Hastighetens instantane verdi muliggjør at driften vist med hel linje i fig. 5 blir korrigert.

10 På grunn av denne korreksjonen vil driften bli bragt tilbake til en lineær profil som vist med den brutte linjen i fig. 5. Denne lineære driftoppførselen til enheten 160 påvirker ikke implementasjonen av den første mikronavigasjonsfremgangsmåten siden påvirkningen av denne lineære driften er neglisjerbar på bildekvaliteten og er mye redusert georeferansene i dette bildet.

15

Tilslutt, viser fig. 6 et bilde oppnådd ved hjelp av sonarsystemet i henhold til foreliggende oppfinnelse. Disse er sonarbilder som konvensjonelt er vist i grovnivåer. De har blitt oppnådd ved å bruke en fysisk antenne med en lengde L lik 2 m, laget av 24 transducere i mottaksmodus og 3 transducere i sendingsmodus. Arbeidsfrekvensen f er i 20 størrelsesorden av omkring 100 kHz, dvs. en bølgelengde λ på 1,5 cm. Antennen er syntetisert på de siste $K = 15$ gjentakelser med en forskyvningshastighet lavere enn en maksimal lineær forskyvningshastighet for transportøren på $V_{max} = 5$ knop.

Nøyaktigheten i bilder oppnådd ved å bruke sonarsystemet i henhold til foreliggende 25 oppfinnelse, som tillater at posisjonen blir identifisert på grunn av INS på omkring $\lambda/8$ (dvs. et lineært driftområde), som er av størrelsesorden av 15 cm for en rekkevidde R på 300 m.

I en annen utførelse, istedenfor å legge til en klokke for å synkronisere enheten og 30 sonaroperasjonene, kan klokken til en av disse to elementene bli brukt for å levere et tidsmessig klokkesignal til de andre av disse to elementene.

Selv om foreliggende oppfinnelse har blitt beskrevet ovenfor med referanse til en 35 bestemt utførelse, er foreliggende oppfinnelse ikke begrenset til denne utførelsen og inkluderer alle tekniske ekvivalenter som er beskrevet ved hjelp av deres kombinasjoner som er innenfor rekkevidden av foreliggende oppfinnelse.

Dermed, i en forenklet utførelse, innbefatter systemet en hastighetssensor 170 (i brutt linje i fig. 3) som mater enheten for å korrigere driften av denne. En slik sensor kan være en Dobbler sensor, en elektromagnetisk sensor eller lignende.

5

Slike sensorer kan bli tilpasset sonarsystemet i henhold til den ovenfor beskrevne foretrukne utførelsen for å oppnå redundant informasjon om transportørens hastighet.

P a t e n t k r a v

1.

Syntetisk antennesonarsystem innbefattende:

5 en sonar (110) anordnet med utsendelsesinnretning og mottaksinnretning,
mottaksinnretningen innbefatter en sammensatt fysisk antenne (120) som har N
transducere (121), sonaren er plassert på en mobil transportør,
en inertialenhet (160) anordnet på transportøren og passende for å måle instantan
10 posisjon og orienteringsinformasjon for transportøren, og
en klokke (150),
k a r a k t e r i s e r t v e d at klokken er en felles klokke som
leverer et tidsmessig signal som muliggjør synkroniseringen av både inertialenheten og
sonaren, og ved at sonarsystemet også innbefatter:
innretning for å bestemme den instantane hastigheten til transportøren (350), hvor den
15 bestemte hastigheten mates til inertialenheten for å korrigere driften av denne, og
mikronavigasjonsinnretning (310) som muliggjør et bilde av sjøbunnen som ble
oppnådd gjennom danningen av de syntetiske antennekanalene fra K gjentakende
sonaroperasjoner, ved å betrakte at den fysiske antennen beveger seg under
transportørens forskyvning som er helt kjent fra informasjonene målt av inertialenheten.

20

2.

Sonarsystem i henhold til krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at
mikronavigasjonsinnretningen (310) også muliggjør batymetrisk informasjon om
sjøbunnen som blir oppnådd.

25

3.

Sonar system i henhold til krav 1 eller 2, k a r a k t e r i s e r t
v e d at mikronavigasjonsinnretningen er første mikronavigasjonsinnretning (310),
sonarsystemet innbefatter videre andre mikronavigasjonsinnretninger (320) som
30 muliggjør beregning av instantan forskyvning og orienteringsinformasjon av den fysiske
antennen (120).

4.

Sonarsystem i henhold til krav 3, k a r a k t e r i s e r t v e d at
35 den andre mikronavigasjonsinnretningen (320) bruker en selvfokuserende

fremgangsmåte for å beregne den instantane posisjonen og orienteringsinformasjonen av den fysiske antennen (120).

5. 5

Sonarsystem i henhold til krav 3 eller krav 4, k a r a k t e r i s e r t v e d at den andre mikronavigasjonsinnretningen (320) er brukt som innretning for å bestemme den instantane hastigheten til transportøren, hvor den bestemte hastigheten så blir matet til inertialenheten (160) som blir redusert fra informasjoner beregnet av den andre mikronavigasjonsinnretningen.

10 6.

Sonarsystem i henhold til et av kravene 1 til 4, k a r a k t e r i s e r t v e d at hastighetsbestemmelsesinnretningen består av en Dobbler logg (350) passende for å gi en målt instantan hastighet som den bestemte hastigheten.

15 7.

Sonarsystem i henhold til et av kravene 1 til 6, k a r a k t e r i s e r t v e d at mikronavigasjonsinnretningene (310,320) opererer i sanntid.

8.

20 25 Sonarsystem i henhold til et av kravene 1 til 7, k a r a k t e r i s e r t v e d at, der den fysiske antennen (120) har en lengde på 2 m og består av N transducere (121) som opererer i mottagsmodus og sendingsinnretningen genererer et akustisk signal med en frekvens på omkring 100 kHz, sonaren (110) muliggjør et bilde med en oppløsning i størrelsesorden av 15 cm på en rekkevidde av 300 m som blir oppnådd.

9.

30 Transportør ment å bli flyttet langs den langsgående retningen av seg, innbefattende, på hver flanke av seg, et sonarsystem, k a r a k t e r i s e r t v e d at hver av de sideveis sonarsystemene er en sonar i henhold til et av kravene 1 til 8.

10.

Fremgangsmåte for å forme en syntetisk antenne gjennom bruken av et sonarsystem innbefattende:
35 en sammensatt fysisk antenne (120) som har N transducere (121), sonaren (110) er plassert på en transportør som er bevegelig i en forskyvningsretning,

en inertialenhet (160) anordnet på transportøren, og en klokke (150), k a r a k t e r i s e r t v e d at fremgangsmåten innbefatter:

- 5 å bestemme en instantan hastighet for transportøren,
- 5 å korrigere en drift for enheten ved å mate den sistnevnte med den bestemte instantane hastigheten,
- å synkronisere enheten og sonaren ved hjelp av et klokkesignal levert av klokken, som er brukt som en hovedklokke,
- et trinn med K lydstrålinger av et område som skal bli avbildet,
- 10 et trinn med K mottak av dde N elektriske signalene fremstilt av hver av de fysiske antenne-transducere,
- et trinn med å måle instantan posisjon og orienteringsinformasjon for transportøren ved hjelp av enheten,
- et mikronavigasjonstrinn som består i å forme de syntetiske antennekanalene ved
- 15 korrelasjon av de $K \times N$ signalene, ved å betrakte at bevegelsen er kjent for den fysiske antennen fra informasjonene målt av den inertiale enheten.

11.

- 20 Fremgangsmåte i henhold til krav 10, k a r a k t e r i s e r t v e d at den videre innbefatter et trinn med å forme et bilde blant et bilde med skygger og ekkoer og et batymetrisk bilde, ved å bruke dataene funnet etterfulgt formingen av den syntetiske antennen under mikronavigasjonstrinnet.

12.

- 25 Fremgangsmåte i henhold til krav 10 eller krav 11, k a r a k t e r i s e r t v e d at mikronavigasjonstrinnet er et første mikronavigasjonstrinn, der fremgangsmåten videre innbefatter et andre mikronavigasjonstrinn som består i å forme de syntetiske antennekanalene ved å korrelere de $K \times N$ kanalene uten å kjenne a priori bevegelsen av den fysiske antennen (120), det andre mikronavigasjonstrinnet
- 30 muliggjør, blant andre ting, å beregne instantan posisjon og orienteringsinformasjon av den fysiske antennen.

13.

- 35 Fremgangsmåte i henhold til krav 12, k a r a k t e r i s e r t v e d at det andre mikronavigasjonstrinnet implementerer en selvfokuserende fremgangsmåte.

14.

Fremgangsmåte i henhold til krav 12 eller krav 13, k a r a k t e r i -
s e r t v e d at en instantan hastighet til transportøren blir bestemt fra
5 informasjoner bestemt under det andre mikronavigasjonstrinnet, slik at den bestemte
hastigheten blir matet til enheten (160) for å korrigere driften av denne.

15.

Fremgangsmåte i henhold til et av kravene 10 til 14, k a r a k t e r i -
10 s e r t v e d at et trinn blant det første mikronavigasjonstrinnet, andre
mikronavigasjonstrinnet og bildeformingstrinnet er utført i sanntid.

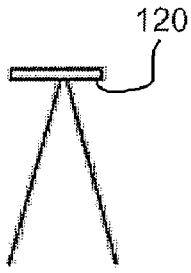


Figure 1A

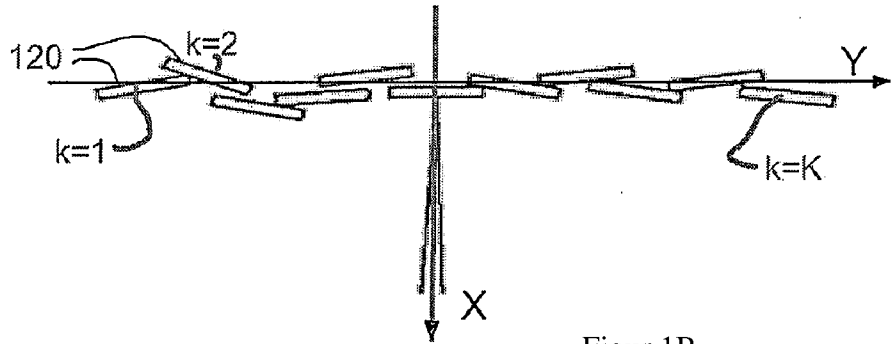


Figure 1B

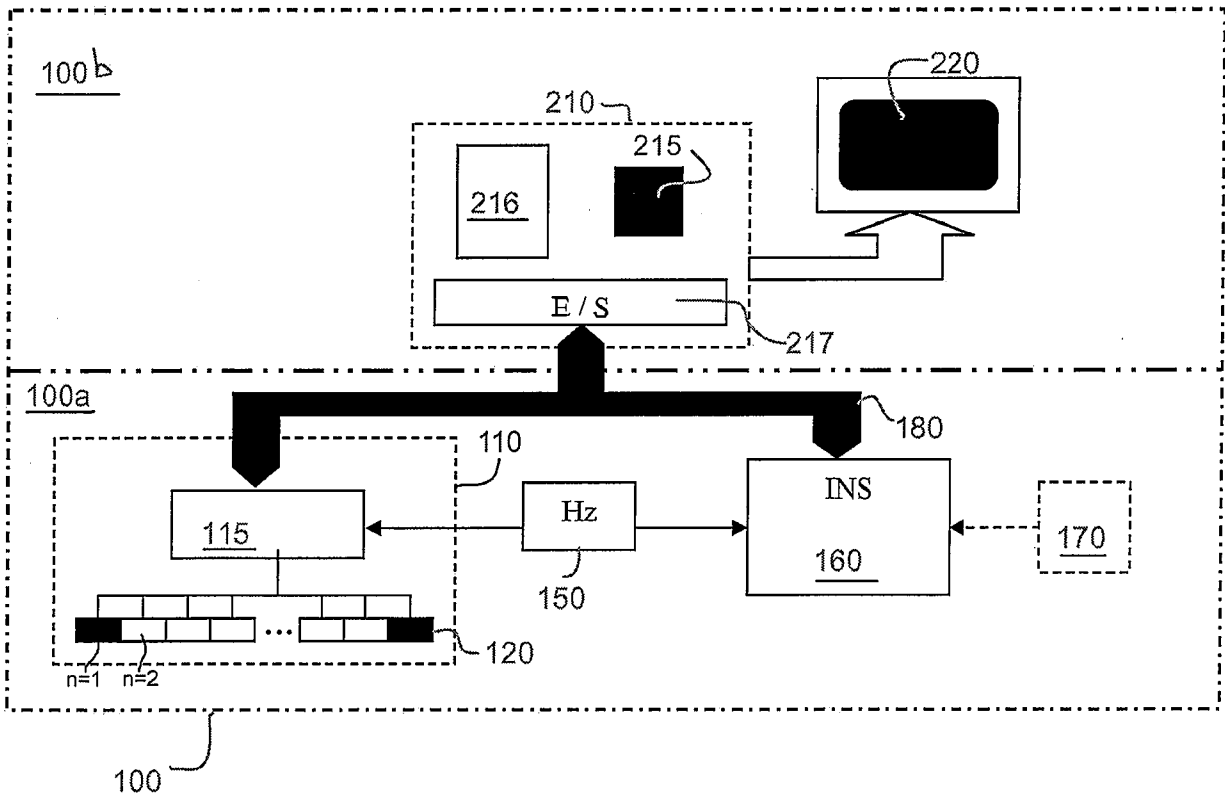
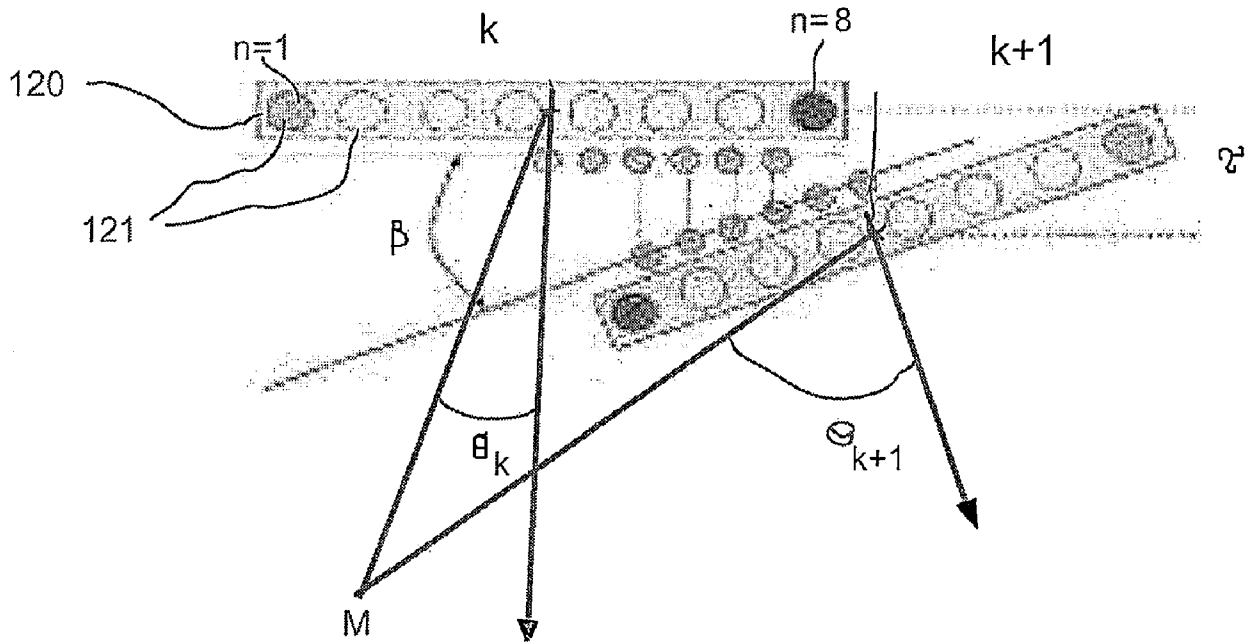
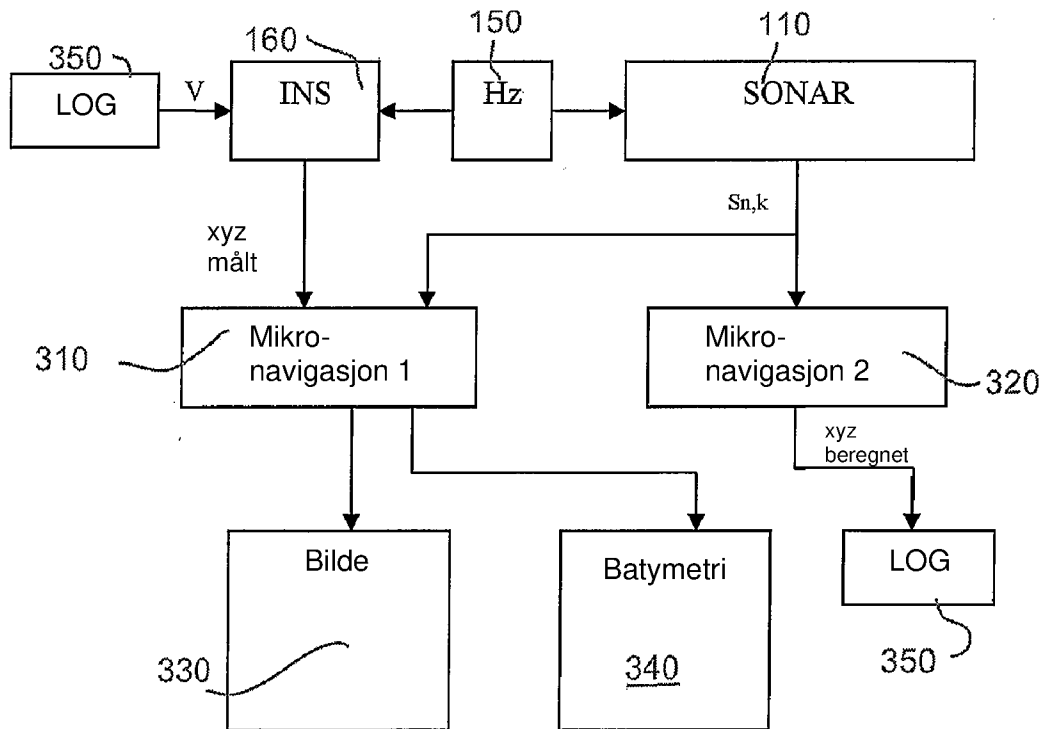


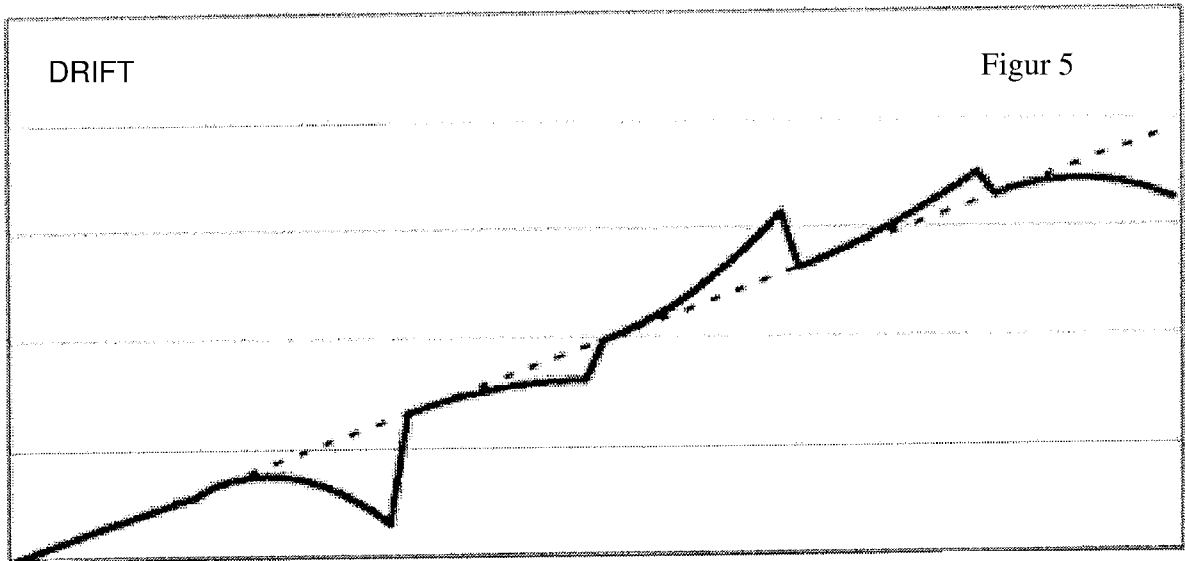
Figure 2



Figur 3



Figur 4



TID

Figur 6

