

19



Octroiraad  
Nederland

11 194685

12 C OCTROOI

21 Aanvraag om octrooi: 9401912

22 Ingediend: 16.11.1994

51 Int.Cl.<sup>7</sup>  
G01S5/04, G01B7/004, G01S13/06

30 Voorrang:  
17.11.1993 SE 0009303807

43 Ter inzage gelegd:  
16.06.1995 I.E. 1995/12

44 Openbaargemaakt:  
01.07.2002 I.E. 2002/07

47 Dagtekening:  
04.11.2002

45 Uitgegeven:  
06.01.2003 I.E. 2003/01

73 Octrooihouder(s):  
Telefonaktiebolaget L M Ericsson te Stockholm,  
Zweden (SE).

74 Gemachtigde:  
Mr. Ir. A.W. Prins c.s. te 2508 DH Den Haag.

54 Werkwijze voor het bepalen van de positie van een te meten voorwerp.

## Werkwijze voor het bepalen van de positie van een te meten voorwerp

De uitvinding heeft betrekking op een werkwijze voor het bepalen van de positie van een te meten voorwerp door middel van een aantal metingen van de richtingen naar het te meten voorwerp op separate tijdstippen, waarbij metingen van de richtingen naar het te meten voorwerp die na een initiële meting zijn uitgevoerd, worden uitgevoerd vanaf verschillende meetstations, die zich bewegen langs verschillende trajecten.

Een dergelijke werkwijze is bekend uit de Europese octrooiaanvraag EP-A-0.524.771.

Voor het bepalen van de afstand tussen vaste of mobiele meetplaatsen en vaste en mobiele meetvoorwerpen is een aantal verschillende methoden bekend welke zijn aangepast aan verschillende typen meetapparatuur. Bepaalde methoden kunnen actief worden genoemd in die zin dat de meetapparatuur het te meten voorwerp belicht, bijvoorbeeld door middel van laserlicht of radiofrequentiesignalen zoals radarpulsen. Andere methoden kunnen passief worden genoemd omdat voor de meting de eigen uitstraling van het te meten voorwerp wordt gebruikt. In deze gevallen wordt de afstandsbeplating vrijwel uitsluitend indirect uitgevoerd door middel van hoekmetingen.

De eigenschappen van het te meten voorwerp binnen het bereik van zichtbaar licht worden dus gebruikt voor het met behulp van optische methoden bepalen van de richting tot het te meten voorwerp, de warmtestraling van het te meten voorwerp door middel van metingen met infrarood-gevoelige apparatuur, of, indien het te meten voorwerp zelf geluid- of radiofrequentiestraling uitzendt, door middel van ontvang-apparatuur voor deze frequenties, bijvoorbeeld een sonar of respectievelijk "luister" radar.

De passieve methoden voor het bepalen van de afstand (en derhalve tevens de positie) van een te meten voorwerp, hebben de eigenschap het te meten voorwerp niet te verstoren, hetgeen in vele toepassingen een voordeel is, echter anderzijds kan de positie van een te meten voorwerp niet worden bepaald door metingen vanaf een enkele positie. Indien het te meten voorwerp mobiel is, is er tevens een tijdsfactor en moeten metingen van verschillende meetposities in de tijd worden gecoördineerd.

Er zijn verschillende passieve methoden bekend voor afstandsbeplating door middel van hoekmetingen. Een methode die tegenwoordig TMA (Target Motion Analysis) wordt genoemd is bekend uit de Tweede Wereldoorlog, gedurende welke deze werd gebruikt door onderzeeboten voor het bepalen van de afstand en de koers van een doel. De methode is gebaseerd op het door middel van passieve sonarapparatuur bepalen van de richting naar het doel terwijl de onderzeeboot op een bepaalde wijze beweegt. Daarbij wordt eerste een koers gevolgd van de doelrichting af en daarna naar de oorspronkelijke doelrichting toe. Tijdens deze twee slagen worden steeds metingen gedaan van de richting van het doel. Door ervan uit te gaan dat de snelheid en de koers van het doel constant blijven kan de positie van het doel worden berekend uit de hoekmetingen en bekende algoritmen.

De problemen van deze methoden zijn in de eerste plaats het bepalen van de lengte van de slagen en de beplating van de meest gunstige koersrichting. Lange slagen (een grote meetbasis) zijn nodig om een grote meetnauwkeurigheid te verkrijgen indien de afstand tot het doel groot is. Indien de afstand kort is, is er echter geen tijd en ook geen behoefte aan lange slagen. Het probleem is dat er geen basis is voor beslissingen ten aanzien van de lengte van de slagen tot op zijn vroegst, het begin van de tweede slag. Het probleem is bijzonder ernstig indien de eerste slag was gekozen in de richting die slechts een kleine, of in het slechtste geval, in het geheel geen verandering geeft van de richting tot het te meten voorwerp.

Het doel van de uitvinding is derhalve een meetmethode te verschaffen met behulp waarvan het mogelijk is de positie van een te meten voorwerp op een snellere wijze te bepalen door middel van hoekmetingen en een grotere meetnauwkeurigheid dan bij eerder bekende methoden.

Dit doel wordt bereikt door middel van de werkwijze volgens de uitvinding, waarbij vóór de initiële meting van de richtingen naar het te meten voorwerp een aantal veronderstellingsgebieden – hypothesen – langs de richting naar het te meten voorwerp wordt geplaatst, waarin het te meten voorwerp wordt verondersteld zich te bevinden; vervolgens, gekoppeld aan de metingen van de richting naar het te meten voorwerp de gemeten richtingen worden vergeleken met de verwachte positie van het te meten voorwerp, waarbij deze, voor elke hypothese, worden berekend met behulp van veronderstellingen ten aanzien van de beweging van het te meten voorwerp doordat mogelijke verschillen tussen berekende en gemeten posities in de berekeningen worden ingevoerd; en ten slotte de hypothese die het best correspondeert met de verwachte positie van het corresponderende gemeten voorwerp wordt verondersteld de positie van het te meten voorwerp weer te geven.

Opgemerkt wordt nog dat uit het Amerikaanse octrooischrift US-5.045.860 een inrichting bekend is met meetstations die permanent zijn opgesteld, in tegenstelling tot de mobiele meetstations van het onderhavige geval. In genoemd octrooischrift wordt een werkwijze voor het bepalen van de positie van een te meten voorwerp beschreven, waarbij tevens gebruik wordt gemaakt van waarschijnlijkheidsgebieden. De methode

volgens het Amerikaanse octrooischrift is echter geheel verschillend van de onderhavige methode.

Beschreven wordt hoe een foutmodel wordt gemaakt voor elk meetstation, waarbij de eigenschappen van het meetstation en ook geografische omstandigheden in aanmerking worden genomen. Gedurende metingen met een aantal meetstations wordt een waarschijnlijkheidsdistributiefunctie voorgebracht door sommering van de foutmodellen (een samengestelde waarschijnlijkheid) waarmee de mogelijke positie van het voorwerp van meting wordt bepaald. In het Amerikaanse octrooischrift wordt daarbij gesproken over "waarschijnlijkheidsgebieden", echter deze gebieden zijn geheel anders dan de "veronderstellingsgebieden" of hypothesen, die het uitgangspunt vormen bij de positiemeting volgens de onderhavige werkwijze. Het model dat volgens US-A-5.045.860 wordt gebruikt heeft betrekking op de meetstations, terwijl daarentegen de onderhavige hypothesen betrekking hebben op de voorwerpen van meting en veranderen afhankelijk van het verwachte gedrag van de voorwerpen van meting. US-A-5.045.860 heeft geen betrekking op herhaalde metingen om de posities en bewegingen van het voorwerp van meting te bepalen en ook wordt niet beschreven hoe deze posities en bewegingen worden bepaald door het evalueren van hypothesen die verschillende posities en bewegingen weergeven om de positie en beweging van het voorwerp van meting te bepalen.

Voorts wordt opgemerkt dat de onderhavige uitvinding bijzonder praktisch is bij twee meetstations, terwijl dit niet het geval is bij de werkwijze volgens US-A-5.045.860, daar deze werkwijze steeds een waarschijnlijkheidsmaximum geeft op de gemeten snijpunten. In feite beschrijft US-A-5.045.860 een werkwijze voor het verwerken van meerdere kruispunten/snijpunten die door middel van kruispeiling zijn verkregen. Deze bekende werkwijze lijkt dan ook zijn voornaamste toepassing te hebben wanneer meer dan twee meetstations worden gebruikt en de positie bepalen van het voorwerp van meting wanneer de richtingen elkaar niet kruisen in een enkel punt.

Opgemerkt wordt verder dat de inrichting volgens US-A-5.045.860 betrekkelijk grote meetbases (de afstand tussen de meetstations) vereist zodat de onzekerheid van de positiebepaling niet groot wordt. Daarentegen werkt de onderhavige inrichting zelfs bij een zeer korte meetbasis; in het beginpunt is deze zelfs gelijk aan nul.

De uitvinding zal worden verduidelijkt aan de hand van de tekening, waarbij:

Figuur 1 een van de verschillen toont tussen een bekende werkwijze voor positiebepaling van een te meten voorwerp en de onderhavige werkwijze.

Figuur 2 de uitgangspositie toont voor het bepalen van de positie van een te meten voorwerp met de onderhavige werkwijze.

Figuren 3-7 tonen vervolgmetingen met de onderhavige werkwijze.

### 35 *Voorkeursuitvoering:*

De uitvinding zal thans meer in detail aan de hand van een uitvoeringsvoorbeeld en verwijzend naar figuren 1-7 worden beschreven.

Figuur 1 toont een meetstation 1 en een te meten voorwerp 2. Het te meten voorwerp wordt verondersteld te bewegen in de richting 3. Met het verwijzingscijfer 4 is de zichtlijn tussen het meetstation en het te meten voorwerp aangegeven in een initiële positie. Indien de in het voorgaande genoemde TMA methode zou worden toegepast zou het meetstation bijvoorbeeld worden bewogen volgens een baan bestaande uit twee slagen 5 en 6. Tijdens deze beweging worden herhaald hoekmetingen uitgevoerd met betrekking tot het te meten voorwerp, met welke metingen de positie van het te meten voorwerp kan worden bepaald.

De onderhavige werkwijze is gebaseerd op het gebruik van twee meetstations. Deze worden tegelijkertijd bewogen langs de banen 7 en 8, d.w.z. dat zij naar weerszijden van de oorspronkelijke zichtlijn af bewegen. Tijdens de bewegingen langs de banen 7 en 8 worden hoekmetingen naar het te meten voorwerp uitgevoerd waarbij de uitkomsten van de metingen van de twee meetstations op de volgende wijze worden verwerkt.

Figuur 2 toont de uitgangspositie van de onderhavige meetmethode. Aanvankelijk zullen de twee meetstations 10 en 11 dezelfde positie innemen echter nadat de meting is begonnen bewegen zij volgens de banen 12, respectievelijk 13 en bewegen dus van elkaar af. Het te meten voorwerp bevindt zich aanvankelijk op de zichtlijn 15 en aangenomen wordt dat het beweegt langs de baan 16. Op de banen 12, 13 en 16 zijn tekens aangebracht met letters a, b en c. De tekens geven de locaties aan van het meetstation, respectievelijk het te meten voorwerp, op tijdstippen a, b en c. In het hiernavolgende zal de combinatie van het verwijzingscijfer van de baan en een van de letters a, b en c worden gebruikt om op een bepaald tijdstip de positie aan te geven van een meetstation of van een te meten voorwerp langs de baan. Aldus geeft verwijzingscijfer 12b de positie aan van het meetstation 10 op de baan 12 op het tijdstip b.

Een aantal ellipsen (i-2) – (i+2) is op de zichtlijn 15 aangegeven. Deze worden gevormd door zones waarin het te meten voorwerp wordt verondersteld zich te bevinden. De veronderstelde zones – hypothesen – vormen de basis van de continue meetmethode.

De hypothesen zijn gevormd vanaf een positie (het middelpunt van de ellips) in de gemeten richting en op een afstand  $R_i$ , welke de afstand is tussen de meetstations en de hypothese (i). De meetstations worden verondersteld in staat te zijn de richting naar het te meten voorwerp te meten met een bepaalde hoeknauwkeurigheid  $\pm \sigma_\phi$ . Het onzekerheidsgebied behorend bij een bepaalde hypothese kan worden beschreven als een ellips waarvan de kleine as een lengte  $2 \sigma_\phi R_i$  heeft en waarvan de lange as een lengte  $2 \sigma_{R_i} R_i$  heeft, en  $\sigma_{R_i}$  wordt bij voorkeur zodanig gekozen dat  $\sigma_{R_i}/R_i = \text{constant}$ . Dit betekent dat de ellipsen, van opzij gezien, in hoofdzaak dezelfde hoek omvatten. Eveneens kan worden verondersteld dat het te meten voorwerp in een willekeurige richting beweegt echter met een bepaalde maximum snelheid.

Indien geen verdere metingen worden verricht zullen de ellipsen in de loop van de tijd groeien doordat het te meten voorwerp kan bewegen.

Volgens de onderhavige werkwijze worden echter herhaald hoekmetingen uitgevoerd met de meetstations. Figuren 3–7 illustreren een aantal van dergelijke metingen. Figuur 3 toont het tijdstip wanneer het meetstation 10, op het tijdstip a, een hoekmeting uitvoert naar het te meten voorwerp dat zich dan op het punt 16a bevindt. De middelpunten van de hypothesen zullen dan naar de zichtlijn 17 zijn bewogen. Het middelpunt van de hypothese (i+2) bevindt zich dan op het punt 18, het middelpunt van de hypothese (i) op het punt 19 en het middelpunt van de hypothese (i-2) op het punt 20. Eenvoudigheidshalve zijn in de Figuren 3–7 slechts drie hypothesen geïllustreerd – de andere worden op dezelfde wijze beschouwd.

Figuur 4 toont de situatie waarin het meetstation 11 een hoekmeting uitvoert vanaf het punt 13b terwijl het te meten voorwerp zich bevindt op het punt 16b. De middelpunten van de hypothesen bevinden zich thans op de zichtlijn 21 op de punten 22, resp. 23 en 24.

Figuren 5–7 tonen op overeenkomstige wijze metingen vanaf de punten 12c, resp. 13d en 12e. Zoals blijkt uit Figuur 7 beschrijft de hypothese (i+2) een baan door de punten 18, 22, 26, 30 en 34, de hypothese (i) beschrijft een baan door de punten 19, 23, 27, 31 en 35 en de hypothese (i-2) beschrijft een baan door de punten 20, 24, 28, 32 en 36.

Door het gebruik van recursieve filters wordt de toekomstige positie van elke hypothese berekend. Wanneer een hoekmeting is uitgevoerd worden de berekende posities van de hypothesen vergeleken met de gemeten posities. Alle verschillen tussen de berekende en de gemeten posities worden in de berekeningen verwerkt die daardoor geleidelijk worden verbeterd. Verder wordt de verschijning van de verschillende hypothesen continu geëvalueerd zodat een beslissing mogelijk is ten aanzien van welke hypothese het best correspondeert met het te meten voorwerp. Gedurende de periode dat het aantal metingen toeneemt wordt de nauwkeurigheid van de evaluatie verbeterd en een of meerdere hypothesen zullen als de meest waarschijnlijke tevoorschijn komen. In het afgebeelde voorbeeld is de hypothese (i) de meest waarschijnlijke terwijl de hypothesen (i+2) en (i-2) minder waarschijnlijk zijn. Derhalve wordt verondersteld dat hypothese (i) de plaats van het te meten voorwerp weergeeft.

Tijdens de evaluatie worden de hypothesen gecompileerd, waarbij de verkregen informatie wordt vergeleken met de verwachte posities en gedrag van het te meten voorwerp. Verder kunnen snelheden, snelheidsveranderingen, bewegingsrichtingen en richtingsveranderingen worden vergeleken. Door tevens de informatie die door de hypothesen wordt verschaft te vergelijken met bepaalde veronderstellingen ten aanzien van het te meten voorwerp, bijvoorbeeld de hoogste en de laagste snelheid en het manoeuvreervermogen (versnellingen), kan de nauwkeurigheid van de schatting verder worden verbeterd.

Vergeleken met eerdere bekende methoden voor afstandsschatting en positiebepaling door hoekmetingen heeft de onderhavige methode een aantal voordelen. Een aanzienlijke tijdswinst wordt reeds verkregen door metingen tegelijkertijd uit te voeren vanuit twee slagen. Verder worden de eerste schattingen van de waarschijnlijke positie van het te meten voorwerp in een vroeg stadium verkregen, waarbij de nauwkeurigheid bij voortgezette metingen steeds toeneemt. Een ander groot voordeel van de werkwijze is dat geen precieze tijdsynchronisatie tussen de twee meetstations is vereist. Het heeft echter voordelen de meetresultaten in dezelfde volgorde te behandelen als het uitvoeren van de metingen.

Volgens een bepaalde uitvoeringsvorm van de werkwijze wordt een zogenaamde symmetrische meting toegepast. Dit betekent dat de meetstations spiegelsymmetrisch ten opzichte van de oorspronkelijke zichtlijn 15 bewegen. Het rekenwerk wordt in dat geval aanzienlijk vereenvoudigd doordat de gegevens van de hypothesen niet door de bewegingen van de meetstations worden beïnvloed.

In de beschreven uitvoeringsvorm is ervan uitgegaan dat twee meetstations worden toegepast. Er is echter niets op tegen de werkwijze uit te voeren met meerdere meetstations. Door het toenemend aantal metingen die daardoor worden uitgevoerd zal de snelheid en de nauwkeurigheid van de werkwijze verder

toenemen.

Ook is het niet nodig dat de meetstations in de aanvangsfase dezelfde positie innemen. De richtingen naar het te meten voorwerp kunnen niettemin, gezien vanuit de meetstations, ongeveer dezelfde zijn. Bijvoorbeeld kan, zonder de werkwijze in enig ander opzicht te beïnvloeden, een van de meetstations zich op of nabij het verlengde van de zichtlijn bevinden, achter het andere meetstation, d.w.z. op een grotere afstand tot de veronderstelde plaats van het te meten voorwerp.

De keuze van ellipsen voor het beschrijven van de hypothesen verschaft bepaalde voordelen bij het rekenwerk. De werkwijze kan echter worden toegepast voor andere vormen van hypothesen, bijvoorbeeld rechthoekig, ruitvormig of driehoekig.

Teneinde de beschrijving niet onnodig gecompliceerd te maken is deze beperkt tot een tweedimensionaal geval waarbij de meetstations en de meten voorwerpen worden verondersteld zich in hetzelfde vlak te bevinden. Afgezien daarvan dat de onderliggende berekeningen meer arbeidsintensief zullen zijn, kan de onderhavige werkwijze eveneens worden toegepast in een driedimensionaal geval. De zones van de hypothesen die door ellipsen zijn begrensd, zullen in dat geval een ellipsoïde vorm hebben.

Verder kan de onderhavige werkwijze natuurlijk worden toegepast op het tegelijkertijd meten van meer dan een te meten voorwerp. Elk te meten voorwerp wordt daarbij afzonderlijk behandeld door voor elk te meten voorwerp een aantal hypothesen te vormen en te volgen. Tijdens de voortgezette metingen worden de posities van de hypothesen, zoals in het voorgaande beschreven, vergeleken met de verwachte verschijning van het corresponderende te meten voorwerp, welke zijn gebaseerd op veronderstellingen ten aanzien van de eigenschappen van te meten voorwerpen ten aanzien van bijvoorbeeld snelheid of manoeuvreerbaarheid.

### Conclusies

1. Werkwijze voor het bepalen van de positie van een te meten voorwerp door middel van een aantal metingen van de richtingen naar het te meten voorwerp op separate tijdstippen, waarbij metingen van de richtingen naar het te meten voorwerp die na een initiële meting zijn uitgevoerd, worden uitgevoerd vanaf verschillende meetstations, die zich bewegen langs verschillende trajecten, verder gekenmerkt doordat:
  - voor de initiële meting van de richtingen naar het te meten voorwerp een aantal veronderstellingsgebieden – hypothesen – langs de richting naar het te meten voorwerp wordt geplaatst, waarin het te meten voorwerp wordt verondersteld zich te bevinden;
  - gekoppeld aan de metingen van de richting naar het te meten voorwerp de gemeten richtingen worden vergeleken met de verwachte positie van het te meten voorwerp, waarbij deze, voor elke hypothese, worden berekend met behulp van veronderstellingen ten aanzien van de beweging van het te meten voorwerp doordat mogelijke verschillen tussen berekende en gemeten posities in de berekeningen worden ingevoerd;
  - de hypothese die het best correspondeert met de verwachte positie van het corresponderende gemeten voorwerp wordt verondersteld de positie van het te meten voorwerp weer te geven.
2. Werkwijze volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de hypothesen worden begrensd door ellipsen.
3. Werkwijze volgens conclusie 2, met het kenmerk, dat gedurende de initiële meting de halve lengte van de korte assen van de ellipsen gelijk wordt gekozen aan de meetnauwkeurigheid waarmee de richting van het te meten voorwerp (14) wordt gemeten vermenigvuldigd met de afstand tussen de meetstations, en het middelpunt van de betreffende ellips en dat de halve lengte van de lange assen van de ellipsen, welke lange assen zich bevinden langs de richting naar het te meten voorwerp, zodanig wordt gekozen dat de relatie tussen de lengte van de lange assen en de afstand tussen de meetstations, en het middelpunt van de respectieve ellips, constant is.
4. Werkwijze volgens conclusie 1, gekenmerkt doordat de snelheden worden berekend uit de vergelijking tussen de gemeten richting en de verwachte positie van het te meten voorwerp, welke snelheden worden vergeleken met de hoogste en/of de laagste veronderstelde snelheid van het gemeten voorwerp.
5. Werkwijze volgens een van de conclusie 1–4, met het kenmerk dat de metingen van de richtingen naar de te meten voorwerpen worden uitgevoerd vanaf twee meetstations, die worden bewogen langs banen aan weerszijden van een van de oorspronkelijke richtingen naar de te meten voorwerpen, zich verwijderend van de genoemde richting.
6. Werkwijze volgens conclusie 5, met het kenmerk, dat de banen, aan weerszijden van een van de oorspronkelijke richtingen naar de te meten voorwerpen spiegelsymmetrisch zijn ten opzichte van de genoemde richting.

7. Werkwijze volgens conclusie 5 of 6, met het kenmerk, dat de twee meetstations, zich aanvankelijk op dezelfde positie bevinden.
8. Werkwijze volgens conclusie 5 of 6, met het kenmerk, dat de richtingen vanaf de twee meetstations naar het te meten voorwerp aanvankelijk in hoofdzaak dezelfde zijn.

---

Hierbij 4 bladen tekening

---

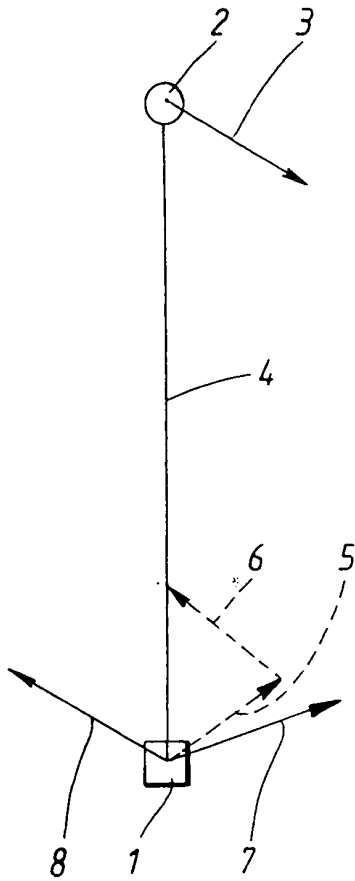


FIG. 1

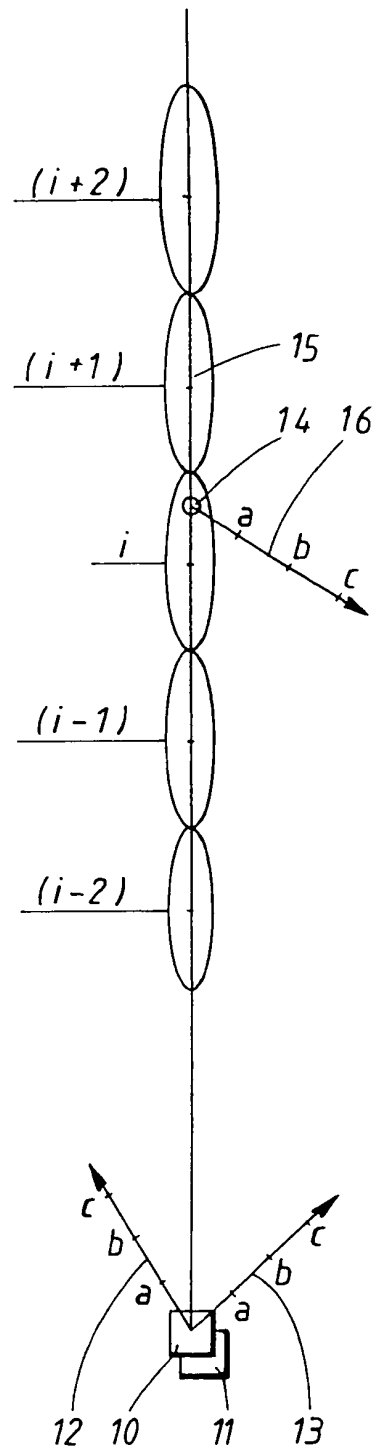


FIG. 2

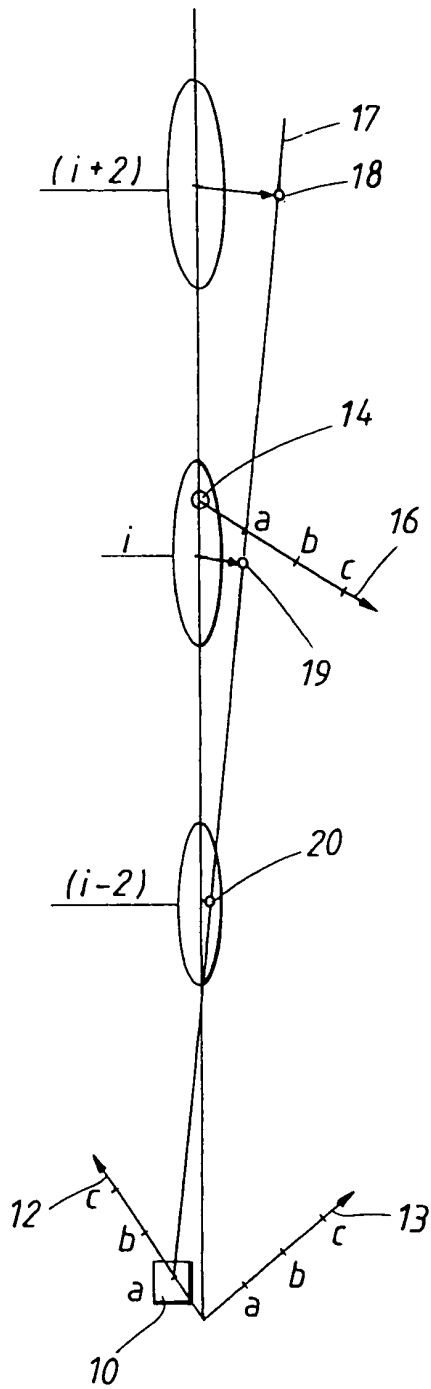


FIG. 3

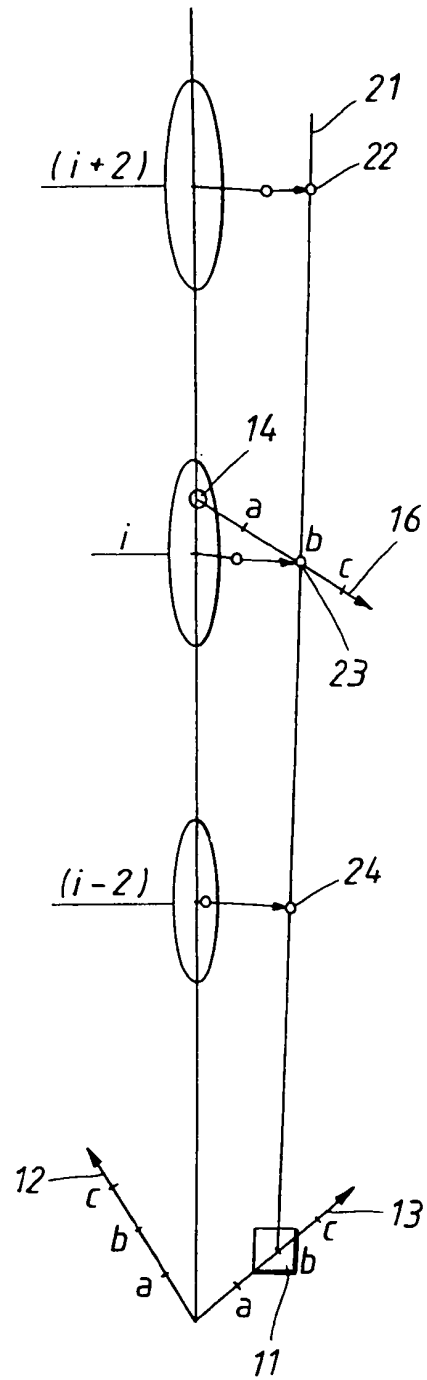


FIG. 4





