(12) **PATENT**

(19) NO (11) **336867** (13) **B1**

NORGE (51) Int Cl.

G01V 1/20 (2006.01)
G01V 1/38 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20035589	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2002.06.10 PCT/US2002/18225
(22)	Inng.dag	2003.12.15	(85)	Videreføringsdag	2003.12.15
(24)	Løpedag	2002.06.10	(30)	Prioritet	2001.06.15, US, 882952
(41)	Alm.tilgj	2004.02.16			
(45)	Meddelt	2015.11.16			

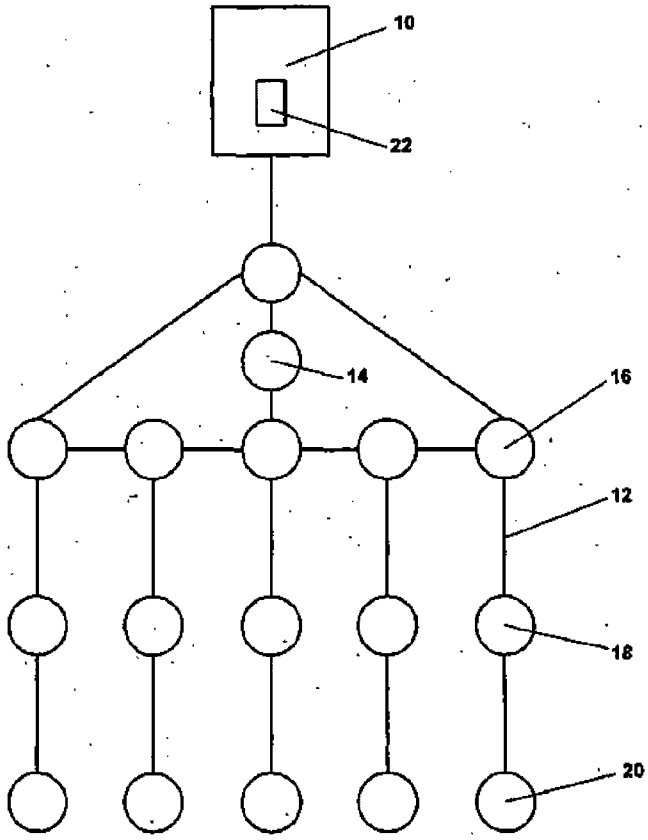
(73) Innehaver Western Geco Seismic Holdings Ltd, P O Box 662, VG- ROAD TOWN, TORTOLA, De britiske jomfruøyene
(72) Oppfinner Mark Zajac, 20530 Autumn Terrace Lane, US-TX77450 KATY, USA
(74) Fullmektig Onsagers AS, Postboks 1813 Vika, 0123 OSLO, Norge

(54) Benevnelse **Aktivt separasjonssporings- og posisjoneringssystem for tauede seismiske grupper**

(56) Anførte publikasjoner
WO 0020895 A1
WO 0020895 A1
Morice, S. et al.: 4d-ready towed-streamer data and the Foinaven benchmark. SPE annual technical conference and exhibition, 2000.10.01 - 2000.10.04. Nr. 63136, Sider 1 - 7. XP002215659
US 5771202 A
GB 2342081 A

(57) Sammendrag

En fremgangsmåte og et apparat som omfatter et aktivt kontrollsystem for en tauet seismisk streamergruppe som muliggjør relativ posisjonskontroll av ethvert antall tauede seismiske streamere. Streamerposisjonene blir kontrollert horisontalt og vertikalt ved å bruke aktive kontrollenheter posisjonert innenfor den seismiske gruppen. Trekomponentsposisjonen (x, y, z) for hvert streamerelement, relativt til fartøyet og relativt til hverandre blir kontrollert, sporet og lagret gjennom en seismisk datainnsamlingskjøring. De aktive kontrollelementene kan bli lokalisert ved forskjellig posisjon streamerhode, langs lengden av streameren eller på halen til streameren. Apparatet og fremgangsmåten i henhold til fremgangsmåten muliggjør at en seismisk gruppe blir manøvrert ettersom tauefartøyet opprettholder kurs eller fartøyet selv manøvrerer for å hjelpe i reposisjoneringen av gruppen. Systemet mulig gjør vedlikehold av spesifikk gruppeposisjon og geometri i tilstedeværelsen av variable miljøfaktorer. Den foreliggende oppfinnelsen hjelper firedimensjonal seismisk datainnsamling ved å føle og lagre posisjonen til gruppen og hvert gruppeelement med hensyn på tid. Tilhørende konfigurasjoner slik som kollapsing av en gruppe eller en del av en streamer i en gruppe for vedlikehold, håndtering eller innhenting er muliggjort.



Dette er relatert til US patentsøknad nr. 09/603,068, innlevert 26. juni 2000 med tittel "Optimal Paths for Marine Data Collection" som herved tas inn ved referanse. Dette er relatert til US patentsøknad nr. 09/658,846, innlevert 11. november 2000 med tittel "Neural Network Perediction of Seismic Streamer Shape" som herved tas inn ved referanse.

Den foreliggende oppfinnelsen angår generelt en fremgangsmåte og apparat for å kontrollere sjøgående seismiske datainnsamlingssystemer som omfatter en gruppe (eng: array) streamere, og særlig den relative vertikale og horisontale posisjoneringen av seismiske streamere som danner en seismisk gruppe tauet bak et sjøgående tauefartøy.

Den relaterte teknikken fremlegger en stor variasjon av tauede marine seismiske sporings- og posisjoneringssystemer og fremgangsmåter som typisk omfatter én eller flere seismiske streamere og/eller én eller flere seismiske kilder. Noen av disse seismiske sporings- og posisjoneringssystemene og fremgangsmåtene benytter et hoved- eller vertsfartøy og/eller tilknyttede ubemannede fartøyer eller befordringsmidler for å taue den seismiske gruppen. Typisk blir tauing kontrollert eller ledet av et sentralt kontrollsystem. De kjente marine seismiske tauesporings- og posisjoneringssystemer og fremgangsmåter omfatter apparater slik som seismiske hydrofonstreamere og tilknyttede flåter, paravaner og/eller oppdriftselementer. Typisk er hver streamer og kontrollapparat forbundet til vertsfartøyet ved en line, kabel eller tau. Det er påkrevd betydelig tauekraft fra et vertsfartøy for å taue eksisterende seismiske streamersystemer, kabler og sammenkoblende føleanordninger. Et typisk vertsfartøy er i stand til å taue et flertall tauefartøyer og/eller å bære et flertall seismiske streamere og grupper og tilknyttet støtteapparater på fartøyets dekk i påvente av utplassering.

Et slikt sporings- og posisjoneringssystem for å posisjonere og kontroller marine seismiske streamere læres i den internasjonale søknaden publisert under Patent Cooperation Treaty (PCT), internasjonalt publikasjonsnummer WO 00/20895, internasjonal publikasjonsdato 13. april 2000. Et marint seismisk system med tauefartøyer med uavhengig kraft læres av US patent nr. 6 028 817. En kontrollanordning for å kontrollere posisjonen til en marin seismisk streamer læres i den internasjonale søknaden publisert under PCT, internasjonal publikasjonsnr. WO 98/28636, internasjonal publiseringsdato 2. juli 1998.

Med kjente seismiske kabelsporings og -posisjoneringssystemer, er lokaliseringen og avstandene i systemkomponentene begrenset av type, størrelse og lengden på kablene som blir brukt og av karakteristikkene til tauebefordringsmidlet og andre kontrollanordninger som benyttes av de kjente seismiske sporings- og posisjoneringssystemene. Typisk danner flertallet av de tauede seismiske streamerne en gruppe som taues bak vertsfartøyet. Endring av konfigurasjonen til

slike tauede streamergrupper, som omfatter kjente komponenter, er typisk en kompleks, tungvint, tidsforbrukende operasjon og kan ofte bli noe besværlig. Den romlige og tidsmessige posisjoneringsevnen til kjente taue-, sporings- og posisjoneringssystemer er videre begrenset.

Det er ingen kjente seismiske sporings- og posisjoneringssystemer som muliggjør uavhengig og relativ posisjonering av individuelle seismiske streamergruppeelementer, f.eks. "birds", seismiske streamere, som omfatter sensorer, kilder og dybde- og posisjonskontroll, f.eks. for å konfigurere, manipulere og/eller opprettholde en ønsket geometri for og innenfor en tauet seismisk streamergruppe. Det er heller ingen kjente seismiske sporings- og posisjoneringssystemer som muliggjør relativ posisjonering og manipulering av en hel seismisk streamergruppe. Det er heller ingen kjente sporings- og posisjoneringssystemer som muliggjør spesifisering av et flertall av forskjellige innsamlings- og tilhørende ikke-innsamlingsgruppegeometrier som letter vedlikehold under kjøring, innhenting og utsetting av en tauet seismisk gruppe. Videre er det ingen kjente seismiske sporings- og posisjoneringssystemer som sporer geometrien til den seismiske streamergruppen og de relative posisjonene til individuelle streamere som omfatter gruppeelementer med hensyn på tid og med hensyn på jordens lengde og bredde slik at tauede seismiske gruppedatainnsamlingskjøringer blir repeterbare, og derved muliggjør innsamling av firedimensjonale geofysiske data (x, y, z, tid).

Det er dermed et behov for det seismisk innsamlingssporings- og posisjoneringssystem som overvinner de ovenfor nevnte ulempene med kjente seismiske datainnsamlingssporings- og posisjoneringssystemer. Det har vært et lenge følt behov for et effektivt tauet marint seismisk sporings- og posisjoneringssystem som har systemkomponenter som kan bli enkelt og pålitelig sporet, kontrollert og posisjonert. Det har også vært et lenge følt behov for seismiske datainnsamlingstaue-, sporings- og posisjoneringssystemer for å tilveiebringe tilstrekkelig posisjoneringsfleksibilitet for å muliggjøre effektiv, nøyaktig og repeterbar kontroll for de relative og absolutte horisontale og vertikale posisjoner til tauede grupper og streamere, sensorer og kilder innenfor en tauet gruppe gjennom seismisk datainnsamling.

Den foreliggende posisjonsoppfinnelsen tilveiebringer en fremgangsmåte og et apparat for et aktivt sporings- og posisjoneringssystem for en tauet seismisk streamergruppe. Den foreliggende oppfinnelsen anerkjenner og adresserer de tidligere nevnte ulemper, problemer og lenge følte behov forbundet med kjente tauede seismiske sporings- og posisjoneringssystemer. Den foreliggende oppfinnelsen tilveiebringer en løsning på de før nevnte problemene og tilveiebringer tilfredsstillende imøtegåelse av disse behov i sine ulike utførelser og ekvivalenter av dette.

Det aktive sporings- og posisjoneringssystemet til den foreliggende oppfinnelsen tilveiebringer en fremgangsmåte og et apparat som muliggjør relativ posisjoneringskontroll av ethvert antall seismiske streamere. Den foreliggende oppfinnelsen kontrollerer streamerposisjoner horisontalt og vertikalt ved å bruke aktive kontrollenheter posisjonert på hver streamer innenfor den seismiske gruppen. Trekomponentposisjonen (x, y, z) for hvert streamerelement, relativt til fartøyet, relativt til hverandre og relativt til jordkoordinater bredde og lengde blir kontrollert, sporet og lagret med hensyn på tid gjennom hver seismiske datainnsamlingskjøring. Disse lagrede data blir referert til som arvdata (eng: legacy data). Miljøfaktorer (vindhastighet, strømmer, temperatur, saltholdighet, etc.), og manøvrerbarhetsdata for streamerne og geometrien til den tauede gruppen (kabeldiameter, gruppetype, utsatt konfigurasjon, fartøytype, anordningstype, etc.) for den seismiske datainnsamlingskjøringen blir også ført med hensyn på tid og lagret som arvdata. Innsamling av arvdata muliggjør repetering av seismiske datainnsamlingskjøringer.

Den foreliggende oppfinnelsen tilveiebringer aktive streamerposisjoneringsanordninger (active streamer positioning devices, ASPD'er) som kontrollelementer, som er installert på individuelle streamere som omfatter en gruppe, alternativt ved avlederposisjon (eng: diverter position), streamerhode, langs lengden til streameren eller ved halen til streameren. En eller flere ASPD er anvendt på hver seismisk gruppe. De aktive kontrollelementene er også installert ved hodetauepunktet til en gruppe, ved hodet eller halen til én eller flere streamere som omfatter en gruppe, og/eller langs enhver streamer som omfatter element i en gruppe. Kontrollelementene festet til streamerhodet er alternativt løsbart forbundet til fronten til gruppen for å lette løsgjøring og fjerning av et enkelt streamerelement fra gruppen gjennom en datainnsamlingskjøring.

Apparatet og fremgangsmåten til den foreliggende oppfinnelsen muliggjør at en seismisk gruppe blir manøvrert ettersom tauefartøyet opprettholder sin ønskede kurs eller ettersom tauefartøyet manøvrerer for å assistere i reposisjoneringen av gruppen gjennom en seismisk datainnsamlingskjøring. Den foreliggende oppfinnelsen kan alternativt benytte metoder slik som kraftvektorering, aktive vinger eller andre kjente midler for å endre den romlige eller tidsmessige, dvs. den vertikale eller z-dybdeposisjonen til streamerelementene som omfatter gruppen. I tillegg til å muliggjøre endringen i den romlige og tidsposisjonen til individuelle gruppeelementer, muliggjør sporings- og posisjoneringssystemet vedlikehold av spesifikk gruppeposisjon og geometri ved tilstedeværelsen av variable miljøfaktorer. I denne moden justerer kontrollsystemet i den foreliggende oppfinnelsen løftekraften til streameren for å tilpasse til variasjoner i tidevann, sanntids strømhastighet og retning, vanndybde, tauehastighet, kabelmanøvrerbarhet, tauet retning og vannsaltholdighet, og saltholdighetsvariasjoner, hvor alle kan påvirke oppdriften og posisjonen til den tauede seismiske gruppen. Saltholdigheten

til vannet som gruppen blir tauet i kan variere brått når en saltvannstaueoperasjon passerer munningen til en ferskvannsforsyning slik som en elv. Saltholdigheten kan minske betydelig i ferskvannsområdet nær munningen av en elv, og krever derved justeringer av gruppetauekraften for å opprettholde den ønskede gruppegeometrien og dybden.

Den foreliggende oppfinnelsen muliggjør repeterbare, firedimensjonale seismiske datainnsamlinger ved å føle og lagre miljødata, temperaturfølsom gruppemanøvrerbarhetsdata og posisjonssporedata for en tauet gruppe og hvert individuelle element i den tauede gruppen med hensyn på tid. Den relative horisontale og vertikale posisjoneringen til hver seismisk kabel og energikilde uavhengig av streameren festet til gruppen eller streameren blir kontrollert, overvåket og lagret, sammen med sanntids miljødata gjennom en seismisk datainnsamlingsoperasjon. De sammensatte lagrede data omfatter arvdata for datainnsamlingskjøringer. En seismisk datainnsamlingskjøring kan dermed bli duplisert ved et senere tidspunkt for å reprodusere den samme gruppegeometrien og banen gjennom etterfølgende datainnsamlingskjøringer, i tilstedeværelsen av varierende miljømessige og manøvrermessige forhold. Det vil si at en bestemt seismisk datainnsamlingsoperasjon er repeterbar basert på arvdata, og muliggjør derved repeterbare firedimensjonelle data (x, y, z, tid) innsamling for flere kjøringer over et seismisk målområde. Den foreliggende oppfinnelsen muliggjør også implementeringen av ikke-innsamlingstilhørende gruppekonfigurasjoner slik som forstørret gruppegeometri for å kollapse eller utvide en gruppe gjennom utplassering eller innsamling. Den foreliggende oppfinnelsen muliggjør også å heve et enkelt gruppeelement for innhenting fra en utplassert gruppe gjennom innsamling.

Ett gruppeparti eller én streamer i et gruppeparti kan bli bøyd ut av gruppegeometrien gjennom en datainnsamlingskjøring og vertikalt til overflaten for løsgjøring, innhenting og/eller vedlikehold. Den foreliggende oppfinnelsen muliggjør også kompensering for en sviktende eller manglende streamer. Streamere ved siden av en sviktende og manglende/fjernet streamer kan bli beveget nærmere hverandre for å kompensere for det sviktende eller manglende streamergruppeelementet med eller uten fjerning av elementet. Dette muliggjør reparasjon og/eller fjerning og erstatting av et slikt sviktende gruppeelement gjennom en seismisk datainnsamlingskjøring uten å avbryte datainnsamlingskjøringen for å reparere og/eller erstatte den ubrukbare streameren. Fjerning under kjøring av streamere og kompensering for sviktende streamere muliggjør kontinuering av datainnsamling uten å forårsake at fartøyet og/eller gruppen avviker fra den planlagte datainnsamlingsbanen.

Det er tidsforbrukende, vanskelig og dyrt å avbryte tauefartøyet gjennom datainnsamlingskjøringer. Avbrudd for å erstatte eller reparere et streamerelement i

en datainnsamlingsgruppe og et etterfølgende forsøk på å duplisere gruppegeometri og reposisjonering av gruppen og nødvendiggjør å starte fartøyet og gruppen igjen ved den eksakte lokaliseringen og gruppegeometrien hvor den kjørte datainnsamlingskjøringen ble avbrutt. Denne prosessen er vanskelig og tidsforbrukende, hvis ikke umulig. Den foreliggende oppfinnelsen muliggjør kompensering for et gruppeelement og fortsettelse av datainnsamlingskjøring gjennom reparasjon og erstatting av gruppestreamerelementet.

Oppfinnelsen muliggjør også konfigurering av den tauede gruppegeometrien for å kompensere for endrende miljø- og operasjonsbetingelser som påvirker manøvrerbarheten. Gruppegeometrien kan også bli konfigurert for å øke eller minke tidsoppløsningen og avstandene i gruppen for å unngå skyggenotching. Utplassering og tilhørende konfigurasjoner blir også tilveiebragt hvori, f.eks., bredden på gruppen kan bli økt for å redusere sjansene for at streamerne vikler seg ved utplassering. Den foreliggende oppfinnelsen forbedrer også innfyllingsskyting hvor en optimal bane har blitt valgt. Den foreliggende oppfinnelsen muliggjør bevegelse av gruppen i forbindelse med bevegelse av fartøyet langs en optimal innfyllingsskytebane. Den foreliggende oppfinnelsen kontrollerer individuelt posisjoneringen av fartøyet og posisjoneringen av gruppen. Den foreliggende oppfinnelsen muliggjør dermed at tauefartøyet også gjør regnskap for en del av posisjoneringen langs den valgte optimale innfyllingsbanen eller datainnsamlingsbanen og posisjoneringen av gruppen for å gjøre regnskap for det gjenværende av posisjoneringen langs banen. Denne oppdelingen av posisjoneringsbevegelse mellom fartøyet og gruppen tilveiebringer mer fleksibelt og effektivt posisjoneringssystem for bruk ved innfyllingsskyting og/eller andre datainnsamlingsposisjoneringsmanøvre.

I ett aspekt ved oppfinnelsen er et seismisk streamergruppesporings- og posisjoneringssystem presentert, som omfatter et tauefartøy for å taue en seismisk gruppe; en gruppe som omfatter et flertall seismiske streamere; en aktiv streamerposisjoneringsanordning (ASPD) festet til minst én seismisk streamer for å posisjonere den seismiske streameren relativt til andre seismiske streamere i gruppen; og en hovedkontroll for å utgi posisjoneringskommandoer til hver ASPD for å opprettholde en spesifisert gruppegeometri. I et annet aspekt ved oppfinnelsen omfatter apparatet videre miljøsensorer for å føle miljøfaktorer som påvirker banen til den tauede gruppen. I et annet aspekt ved oppfinnelsen omfatter apparatet videre et sporingssystem for å spore streamerposisjon mot tid gjennom en seismisk datainnsamlingskjøring og å lagre posisjonene og tid i en arvdatabase for å repetere posisjon mot tiden i den etterfølgende datainnsamling; og et gruppegeometrisporingssystem for å spore gruppegeometrien mot tid gjennom en seismisk datainnsamlingskjøring og å lagre gruppegeometrien mot tid i en

arvdatabase og å repetere gruppegeometrien mot tid i en etterfølgende datainnsamlingskjøring.

I et annet aspekt ved oppfinnelsen omfatter apparatet videre en hovedkontroll som sammenligner posisjonene til streameren mot tid og gruppegeometrien mot tid ved en ønsket streamerposisjon og gruppegeometri med tid og utgir posisjoneringskommandoer til ASPD'ene for å opprettholde den ønskede streamerposisjonen og gruppegeometrien i forhold til tid. I et annet aspekt ved oppfinnelsen omfatter apparatet videre en hovedkontroll som tar hensyn til miljøfaktorer i posisjoneringskommandoene for å kompensere for miljøpåvirkninger på posisjoneringen av streamerne og gruppegeometrien.

I et annet aspekt ved oppfinnelsen omfatter apparatet videre en hovedkontroll som kompenserer for manøvrerbarhet i posisjoneringskommandoene for å kompensere for manøvrerbarhetspåvirkninger på posisjoneringen av streamerne og gruppegeometrien. I et annet aspekt ved oppfinnelsen omfatter apparatet videre en monitor for å bestemme status for hver streamer, hvori hovedkontrollen justerer gruppegeoemtrien for å kompensere for en sviktende streamer. I et annet aspekt ved oppfinnelsen omfatter apparatet videre en monitor for å bestemme status for hver streamer, hvori hovedkontrollen justerer gruppegeometrien for å flytte en sviktende streamer ut av gruppen. I et annet aspekt ved oppfinnelsen omfatter apparatet videre en monitor for å bestemme status for hver streamer, hvori hovedkontrollen løsgjør en sviktende streamer fra gruppen. I et annet aspekt ved oppfinnelsen omfatter apparatet videre en gruppegeometri som omfatter et flertall streamere posisjonert ved en uniform dybde, i et annet aspekt ved oppfinnelsen omfatter apparatet videre gruppegeometri som omfatter et flertall streamere posisjonert ved et flertall dybder for å variere tidsoppløsningen til gruppen.

I et annet aspekt ved oppfinnelsen omfatter apparatet videre en gruppegeometri som omfatter et flertall streamere posisjonert langs et plan, hvori planet er rotert med en vinkel teta med hensyn på lengdeaksen til gruppen. I et annet aspekt ved oppfinnelsen omfatter apparatet videre et apparat hvor gruppegeometrien spores via satellitt og blir kommunisert til hovedkontrollen.

I et annet aspekt ved oppfinnelsen er det tilveiebragt en fremgangsmåte for å spore og posisjonere en seismisk streamergruppe som omfatter et tauefartøy for å taue en seismisk gruppe; å tilveiebringe en seismisk streamergruppe som omfatter et flertall seismiske streamere; å tilveiebringe en aktiv streamerposisjoneringsanordning (ASPD) festet til hver seismiske streamer for å posisjonere hver seismiske streamer; å tilveiebringe en hovedkontroll for å gi ut posisjoneringskommandoer til hver ASPD og til tauefartøyet for å opprettholde en optimal bane, hvori hovedkontrollen videre omfatter en prosessor for å beregne optimal bane for den seismiske gruppen for optimal dekning gjennom seismisk datainnsamling over et seismisk felt, og en

streameroppførselsforutsigelsesprosessor som forutsier gruppeoppførsel, hvori hovedkontrollen kompenserer for forutsatt streameroppførsel i utgivelse av posisjoneringskommandoer til tauefartøyet og ASPD'ene for å posisjonere gruppen langs den optimale banen, hvori hovedkontrollen kompenserer for miljømessige og manøvrerbarhetsmessige faktorer i posisjoneringskommandoene.

Andre hensikter og fordeler ved oppfinnelsen vil bli synlige ved å lese den følgende detaljerte beskrivelsen og ved referanse til de medfølgende tegningene hvor:

Fig. 1 er et skjematisk diagram av et seismisk undersøkelsesfartøy og tilknyttede seismiske datainnsamlingssporings- og posisjoneringssystem;

Fig. 2 er et skjematisk diagram for det foretrukne gruppegeometrisporings- og posisjoneringssystemet som viser sanntids- og arvdatalagring og innsamling;

Fig. 3A, 3B, 3C og 3D illustrerer et skjematisk diagram av en tauet seismisk streamergruppe som viser avbøyning av en sviktende streamer til overflaten og kompensering for den sviktende streameren ved nabostreamere;

Fig. 4 er et skjematisk diagram av tauet seismisk streamergruppe som viser en alternativ gruppegeometri for å øke tidsoppløsningen til den tauede gruppen.

Fig. 5 er et skjematisk diagram av en tauet seismisk streamergruppe som viser rotasjon av gruppen om lengdeaksen til gruppen; og

Fig. 6 er et skjematisk diagram som viser sporings- og posisjoneringskommunikasjonsbane tilveiebragt av den foreliggende oppfinnelsen.

For fagmannen innen faget som har fordelene ved denne oppfinnelsens realiseringer, læringer, fremlegginger og forslag, vil andre formål og fordeler forstås fra den følgende beskrivelsen av foretrukne utførelser, gitt for beskrivelsesformål, når de er tatt i sammenheng med de medfølgende tegningene. Detaljene i disse beskrivelsene er ikke ment å hindre dette patentets hensikt å kreve denne oppfinnelsen uansett hvordan andre senere skulle finne på å skjule den ved variasjoner i form eller tillegg av ytterligere forbedringer.

Ved nå å vende til fig. 1, er et seismisk undersøkelsesfartøy 10 vist som tauer et flertall marine seismiske streamere 12 som f.eks. kan være 3000 meter i lengde. De ytterste streamerne 12 i gruppen kan være så mye som 400 meter fra hverandre, noe som resulterer i en horisontal forskyvning mellom hver streamer på 100 meter, i en gruppekonfigurasjon med lik avstand. En seismisk kilde 14, typisk en luftkanon eller én eller flere grupper av luftkanoner, er også vist tauet bak det seismiske undersøkelsesfartøyet 10.

Som vist i fig. 1, ved fronten av streameren 12 er det vist en avtakbar avleder 16 og ved bakenden til hver streamer er det vist en avtakbar halebøye 20. I en foretrukket

utførelse, kan en avtakbar, aktiv streamerposisjoneringsanordning 18 (ASPD) være i tillegg til eller i stedet for avbøyeren 16 og/eller halebøyen 20. Den avtakbare avbøyeren 16 blir brukt for å horisontalt posisjonere fremre ende til streameren nærmest det seismiske undersøkelsesfartøyet 10. Halebøyen 20 danner drag ved bakenden til streameren lengst vekk fra det seismiske fartøyet 10 og tilveiebringer en plattform for absolutt posisjonering eller relativ posisjonering ved halen til streameren. Spenningen dannet på den seismiske streameren ved avbøyeren 16 og halebøyen 20 resulterer i den grovt rettlinjede formen til den seismiske streameren 12 vist i fig. 1.

Den rettlinjede formen til streameren kan opprettholdes ved den foreliggende oppfinnelsen for å overvinne sidestrømmer og tidevannseffekter som kan påvirke formen til den tauede kabelen og forårsake at den avviker fra en foretrukket rettlinjet form. En rettlinjet form er foretrukket for å opprettholde gruppegeometri for nøyaktige og repeterbare seismiske datainnsamlingskjøringer. Avvik fra en rettlinjet kabelform kan forårsake uønskede variasjoner i dataene samlet fra gruppen. Den foreliggende oppfinnelsen muliggjør avføling og korreksjon av avvik i den foretrukne formen til en tauet streamergruppe.

Lokalisert mellom avbøyeren 16 og halebøyen 20 er et flertall ASPD'er 18. Fortrinnsvis er ASPD'ene 18 både vertikalt og horisontalt styrbare. Disse ASPD'ene 18 kan f.eks. være lokalisert ved jevne intervaller langs de individuelle streamerne, slik som hver 200-400 meter. De vertikalt og horisontalt styrbare ASPD'ene 18 kan bli brukt for å begrense og konfigurere formen til den seismiske streameren 12 mellom avbøyer 16 og halebøye 20 i den vertikale (z eller dybde) og horisontale (x, y) retningene. ASPD'ene 18 kan være plassert ved hodeenden av en streamer, ved haleenden til en streamer eller ved enhver plass langs streameren mellom streamerhodet og streamerhaleenden.

Ved nå å vende til fig. 2, i en foretrukket utførelse av den foreliggende oppfinnelsen, kan kontrollsystemet for ASPD'en 18 være fordelt mellom en hovedkontroll 26 plassert fjernt på tauefartøyet (eller ved en annen lokalisering på land, hav eller satellitt), og en gruppe av én eller flere separate kontroller 18 bygget inn i én eller flere ASPD'er 18, som er posisjonert på streamer 12 innenfor den seismiske gruppen. Hovedkontrollen 26 kan være lokalisert fjernt og kommunisere via satellitt eller andre kommunikasjonsmidler som vist i fig. 6. Hovedkontrollen mottar data som representerer individuelle posisjoner for minst ett punkt i gruppen, men fortrinnsvis ett eller flere punkter på hvert streamerelement. Disse streamerposisjonene fra individuelle ASPD'er 18, blir prosessert, sammenlignet med de ønskede posisjonene og kommandoene blir overført til de individuelle ASPD'ene 18. Linken mellom de aktive kontrollene på ASPD 18 og hovedkontrollen 26 kan oppnås ved enhver egnet elektronisk kabel, slik som koaksial eller fiberoptisk kabel festet til den tauede gruppen, via punkt til punkt

kommunikasjon eller RF-kommunikasjon muliggjort av en transceiver festet til den tauede gruppen. Som vist i fig. 6, kan sporingsinformasjonen fra et flertall punkter på individuelle streamere som omfatter den seismiske gruppen bli oppnådd og transmittert til hovedkontrollen 26 via satellitt eller radiofrekvens eller andre kommunikasjonsmidler.

Hovedkontrollen kan være forbundet via en elektronisk databuss, via ethvert annet egnet fysisk datagrensesnitt, eller via et trådløst kommunikasjonsdatagrensesnitt for å innsamle input fra miljøsensorer tilknyttet fartøyet 10. Følte miljødata omfatter vindhastighet og retning; tidevannsstrømshastigheter og retninger; havbunnsdybde/vinkel; lokal strømningshastighet og retning; bølgehøyde og retning; havbunnsdybde/vinkel; og vanntemperatur og saltholdighet.

Ved nå å vende til fig. 2, mottar hovedkontrollen 26 til den foreliggende oppfinnelsen trekomponentposisjonen til hver aktiv kontroll i gruppen, som vist i fig. 6. Den foreliggende oppfinnelsen muliggjør dermed sporing med hensyn på tid, for hver individuell ASPD og streamerkabel som ASPD'en er knyttet til. Hvert aktive kontrollelement er også utstyrt med en mottaker for å motta kommandoer generert og formatert av hovedkontrollen 26 og overført av aktiv posisjonskommandør 28. Kommandoene blir sendt til ASPD'ene 18, for å instruere hver av ASPD'ene angående kommandoer for å endre posisjonen til hver individuell streamer for å opprettholde ønsket gruppegeometri og totalposisjon. Posisjoneringskommandoene kan være absolutte kommandoer eller representere endringer i posisjon fra den siste kommandoen til den bestemte ASPD. Fleksibiliteten til den individuelle ASPD 18 muliggjør presis posisjonering av hver individuell ASPD og tilknyttet streamer og den tauede streamergruppen. Den foreliggende oppfinnelsen muliggjør kontroll av den horisontale, vertikale og dybdeposisjonen til hele gruppegeometrien som omfatter individuelle streamere, individuelle streamere og tilknyttede ASPD'er, med hensyn på tid.

Gruppen, streamer og individuell ASPD trekomponent (x, y, z) posisjonsdata med hensyn på tid blir lagret sammen med sanntids miljødata. Miljødata blir mottatt via kabel eller radio fra sensorer utplassert fra fartøyet eller gruppen. Den lagrede posisjonen og miljødata blir lagret som arvdata i arvdatalager 22. Optimalbanedata, blir generert av optimalbaneprosessor 24, som kan være generert av nevralt nettverk eller en annen metode slik som menneskelig inngivelse eller matematisk formel, blir gitt inn til hovedkontroll 26. Optimalbanedata kan bli tilveiebragt som en ønsket seismisk innsamlingsbane gjennom primær seismisk datainnsamling eller gjennom innfyllingsskyting. Optimalbanedatastyring blir fortrinnsvis delt mellom en optimal bane for tauefartøyet 10 og en optimal bane for den tauede gruppen. Gjennom seismisk datainnsamling ved å benytte en optimal bane 24, blir posisjonen til fartøy, gruppe, gruppeelement og ASPD følt sammen med miljødata blir overført til og mottatt av datainnsamlingsenhet 21. Datainnsamlingsenhet 21 lagrer disse

inngangsverdiene med hensyn på tid som arvdata i arvdatalager 22. Datainnsamlingsenhet 21 formidler gruppe- og miljøsporedata til hovedkontrollen 26. Manøvrerbarheten til den bestemte kabelen, ASPD og fartøy under de bestemte følte miljøbetingelsene blir også faktorer i de aktive posisjoneringskommandoene. F.eks., en kabel som blir stivere i kaldt vann eller får mer oppdrift i høyere saltholdighet mottar en forsterket styringskommando avhengig av de følte miljødata. Hovedkontrollen 26 sammenligner de nåværende fartøy- og gruppeposisjonsdata med de ønskede posisjon eller optimal fartøy- og gruppebaneposisjon. Hovedkontrollen 26 bestemmer så, i lys av nåværende miljøbetingelser og manøvrerbarheten til fartøyet, ASPD'er og tauede streamere som omfatter gruppen, tid og størrelse for posisjoneringskommandoer som skal sendes til ASPD'ene på gruppen. Posisjoneringskommandoene blir formatert og overført ved aktive posisjonskommandoer 28 over link 30. Link 30 kan være med faste ledninger eller trådløs via satellitt, laser eller radiolink.

I en foretrukket utførelse samler optimal baneprosessor 24 sanntids posisjonsdata for den seismiske gruppen og for tauefartøyet sammen med miljødata og manøvrerbarhetsdata for gruppen og tauefartøyet. Optimalbaneprosessoren 24 beregner prediksjon for gruppeoppførsel og beregner den optimale banen gjennom det seismiske undersøkelsesområdet gjennom en datainnsamlingskjøring. Hovedkontrollen mottar den predikerte gruppeoppførselen og tar den i betraktning ved generering og utgivelse av posisjoneringskommandoer til gruppe-ASPD'ene og tauefartøyet. Delingen av styrekommandoer mellom tauefartøyet og ASPD'ene tilveiebringer ytterligere fleksibilitet og kontroll over gruppen langs den optimale banen. Den ytterligere fleksibiliteten av kontrollen på gruppen langs den optimale banen reduserer mengden av innfyllingsskyting som er nødvendig etter en primær datainnsamlingskjøring og reduserer mengden av bestemmelser som må tas av en navigatør som strever med å riktig styre tauefartøyet gjennom en datainnsamlingskjøring.

I en foretrukket utførelse av den foreliggende oppfinnelsen, overvåker hovedkontrollen den aktuelle posisjonen til hver ASPD for å bestemme posisjonen til streamerne og den sammensatte gruppegeometrien som omfatter streamerne og kontrollelementer blir sporet og lagret som arvdata. De aktuelle posisjonene til fartøy, streamere, ASPD'er og gruppegeometri blir sammenlignet med de ønskede fartøy/streamere/ASPD-posisjoner og gruppegeometri og korrektive posisjonskommandoer blir sendt til kontrollelementene for å flytte fartøy/streamer/ASPD'er til den ønskede posisjonen og gruppegeometrien. Sporingsdata og posisjoneringskommandoer blir overført mellom hovedkontrollen og aktive posisjonerere i en kabel som forbinder hovedkontrollen og de aktive posisjonererne eller via trådløs kommunikasjon.

De horisontale posisjonene til ASPD'ene 18 og/eller aktive kontrollere kan bli utledet ved å bruke akustiske posisjonssystemer som beskrevet i US patent nr. 4 992 990. I alternativet kan satellittbaserte globale posisjoneringssystemer bli benyttet separat eller i sammenheng for å bestemme posisjonene til gruppen og de aktive kontrollene og streamerne som omfatter gruppen. Dybden til gruppene, og til de individuelle streamerne og individuelle streamerelementer som bestemt ved å bruke trykksensorer.

I beregning av ønsket eller nødvendig bevegelse av fartøy, streamere/gruppe og individuelle ASPD'er, for å opprettholde den ønskede gruppegeometrien og posisjonen og den relative posisjonen til gruppeelementene så vel som den ønskede gruppeposisjon og geometri gjennom firedimensjonell datainnsamling, tar hovedkontrollen 26 med i beregningen miljøfaktorer som omfatter men ikke er begrenset til vannsaltholdighet, strømhastighet og retning så vel som arvsporingsdata for å justere posisjoneringskommandoene tilveiebragt til den aktive kontrollen. Hovedkontrollen regner også inn manøvrerbarheten til streamerkabelen og streamergruppen basert på kabeldiameter og kabeltype. Hovedkontrollen sender posisjonskorreksjonskommandoer til den aktive kontrolleren enten som ønsket posisjon eller som en kraftvektor som omfatter den vertikale avbøyningen, horisontale avbøyningen, tauehastighet og tverrstrømshastighet.

Fartøyets tauehastighet og tverrstrømshastighet kan bli beregnet fra fartøyets hastighet og peke (heading) verdier og strømhastighet og pekeverdier for å bestemme de relative hastigheter på streamere, aktive kontroller og gruppen. I en alternativ utførelse kan tauehastigheten og/eller tverrstrømshastigheten bli bestemt ved å bruke strømningsmålere eller andre kommersielt tilgjengelige vannhastighetsmålere. Den foreliggende oppfinnelsen muliggjør dermed dynamisk adaptiv geometrisk konfigurering, sporing og kontroll for å kompensere for endringer i lokale strømmer, tidevann og saltholdighet av vannet gjennom seismisk datainnsamling.

I en alternativ utførelse, er det tilveiebragt et nevralt nettverk for å modellere og forutsi kabel og gruppeoppførsel i tilstedeværelsen av endrende strømmer, tidevann og saltholdighet, eller andre enn miljøfaktorer slik som bølgehøyde, vind, vanntemperatur, etc. Den foreliggende oppfinnelsen kan også regne inn kompensasjon for streameroppdrift, streamerdiameter, manøvrerbarhet for kabelen med hensyn på den nåværende temperaturen, streamer og fartøymanøvrerbarhet og kombinert streamer/ASPD-posisjoneringsmanøvrerbarhet så vel som bestemt gruppegeometri og avstand. Det nevrale nettverket er fortrinnsvis trent for å kompensere for endringer i slike miljøfaktorer i kombinasjon med fartøy og streamer/ASPD-posisjoneringsmanøvrerbarhet. Den foreliggende oppfinnelsen muliggjør derved repeterbare og konsistent gruppegeometri og posisjonering for innsamling av firedimensjonale data på separate seismiske datainnsamlingskjøringer

ved å bruke forskjellige streamere som har forskjellige streamer/ASPD-manøvrerbarhet og under forskjellige miljøbetingelser.

F.eks., kan en første datainnsamlingskjøring opptre gjennom sommeren når vanntemperaturen, saltholdigheten, tidevannet, vinder og strømmer omfatter et første sett av data for et første streamersystem som har en første manøvrerbarhet. En andre datainnsamlingskjøring kan opptre gjennom vinteren, år senere, når vanntemperaturen, saltholdigheten, tidevann, vinder og strømmer omfatter et andre sett av data for et andre streamer/ASPD-system som har en andre manøvrerbarhet. For å reprodusere den første datainnsamlingskjøringen og oppnå firedimensjonale data gjennom den andre datainnsamlingskjøringen, kompenserer den foreliggende oppfinnelsen for forskjellene mellom miljøfaktorene og forskjellene i fartøy/streamere/ASPD-manøvrerbarhet i de første og andre kjøringene for nøyaktig å repetere gruppeposisjoneringen og geometrien gjennom den andre kjøringen, og derved muliggjøre repeterbare seismiske innsamlingskjøringer og innsamlingen av firedimensjonale data. Forskjellsmanøvrerbarheten til første og andre fartøy blir også betraktet av hovedkontrollen i valg av ASPD-posisjoneringskommandoer.

Den foreliggende oppfinnelsen muliggjør presis manøvrering av de individuelle streamere, gruppeposisjon og gruppegeometri, og reduserer derved innfyllingsskyting forårsaket av gruppegeometri som enten er for bred, for smal eller rett og slett ute av posisjon. Den foreliggende oppfinnelsen bestemmer og korrigerer også for upassende formede grupper, f.eks. elementer i gruppen som blir ikke-symmetriske blir justert og brettet til posisjon slik at gruppegeometrifeil i x-, y- og z-rommet blir korrigert og kompensert av den foreliggende oppfinnelsen. Den foreliggende oppfinnelsen muliggjør også plassering av streamere i tett nærhet uten sammenfiltring.

Ved nå å vende til fig. 3A, er et tverrsnitt illustrert, tatt vinkelrett på lengdeaksen til den tauede gruppen av streamere 12 vist i fig. 1. I fig. 3A er gruppen av streamere 12 posisjonert ved samme vanndybde 23, langs linje 15 ved dybde 23, og under havoverflaten 17. En streamer 13 som har sviktet som originalt var posisjonert langs linje 15 ble detektert som sviktet av hovedkontrollen. Hovedkontrollen gir ut en posisjoneringskommando til ASPD på den sviktede streamer 13. Som vist i fig. 3B, blir den sviktende streamerkabel 13 manøvrert og løftet over linjen 15 til overflaten av vannet og ut av gruppegeometrien for erstatning og/eller reparasjon gjennom en datainnsamlingskjøring. Et sideriss av sviktet streamer 13 er vist i hevet posisjon i fig. 3C. Som vist i fig. 3D kan gruppegeometrien også bli endret av den foreliggende oppfinnelsen for å endre strålemønster og/eller dekning av gruppen ved å bevege streamerne ved siden av den sviktede streamer for å erstatte og kompensere for sviktet streamerkabel 13. Som vist i fig. 3D blir streamerne i posisjon 3B ved streamer 13 beveget nærmere sammen fra posisjon 12B til posisjon 12C for å kompensere for streamer 13 har blitt fjernet fra gruppen. I en foretrukket

utførelse er alle streamere inkludert streamer 13 avtagbart forbundet til streamergruppen slik at hver streamer lett kan bli fjernet gjennom seismiske datainnsamlingsoperasjoner. Hovedkontrollen 26 detekterer den sviktende streamer 13, kommanderer ASPD festet til sviktet streamer 13 til å heve streamer 13 til overflaten 17. Straks den er på eller nær overflaten, eller rett og slett fysisk forskjøvet fra gruppen, kan et bemannet eller ubemannet støttefartøy innhente og/eller fjerne og erstatte streamer 13. Hovedkontrollen gir ut posisjoneringskommandoer for å justere posisjonen til streamere tilstøtende streamer 13 uten å avbryte den seismiske datainnsamlingskjøring.

Den foreliggende oppfinnelse føler dermed en sviktet streamerkabel i en gruppegeometri og justerer posisjonen til tilstøtende streamerkabler slik at strålemønsteret til følegruppen dekker området dekket av den sviktede streamer. Kompenseringen for en sviktet gruppestreamer og tilknyttet kompenseringsgruppegeometri blir notert og lagret av den foreliggende oppfinnelsen slik at postprosesseringsanalyser kompenserer for variasjoner i dataene forårsaket av kompenseringsgruppegeometrien.

Ved nå å vende til fig. 4, er en tredimensjonal gruppe av streamere 12 vist. Den tredimensjonale gruppen i fig. 4 posisjonerer streamerne 12 ved varierende dybder 15 og 25, heller enn langs en enkelt linje ved uniform dybde. De varierende dybdene for streamerne øker tidsoppløsningen til streameren og eliminerer hovedsakelig skyggenotching. Dybdene kan variere mellom to eller flere dybder.

Ved nå å vende til fig. 5, er en todimensjonal gruppe 11 posisjonert langs linje 24 vist rotert ved en vinkel teta 27 rotert teta grader fra vertikal 19. Evnen til å rotere gruppen muliggjør manøvrering av gruppen i grunt vann nær en bratt havbunn 14 vinklet ved en vinkel teta.

Den foregående beskrivelsen er for eksempelformål og ikke ment å begrense omfanget av den foreliggende oppfinnelsen som er definert i de følgende krav.

PATENTKRAV

1. Et sporings- og posisjoneringssystem for seismisk streamergruppe som omfatter:

et tauefartøy (10) for å taue en seismisk gruppe,

hvor den seismiske gruppen omfatter et flertall seismiske streamere (12);

en eller flere aktive streamerposisjoneringsanordninger (ASPD) (18) festet til minst én seismisk streamer (12) for å posisjonere den seismiske streameren (12) relativt til de andre seismiske streamere (12) innenfor gruppen; og

k a r a k t e r i s e r t v e d

en hovedkontroll (26) for å utgi posisjoneringskommandoer til ASPDene (18) for å justere en vertikal og horisontal posisjon til en første streamer (12) relativt til en andre streamer (12) innenfor gruppen for å opprettholde en spesifisert gruppegeometri.

2. Sporings- og posisjoneringssystem i henhold til krav 1,
k a r a k t e r i s e r t v e d at det ytterligere omfatter:

en miljøsensor for å føle miljøfaktorer som påvirker banen til den tauede gruppen.

3. Sporings- og posisjoneringssystem i henhold til krav 1,
k a r a k t e r i s e r t v e d at det ytterligere omfatter:

et sporingssystem for å spore streamerposisjoner mot tid gjennom en seismisk datainnsamlingskjøring og å lagre posisjon mot tid i en arvdatabase for å repetere posisjon mot tid i en etterfølgende datainnsamling; og

et gruppegeometrisystem for å spore gruppegeometrien mot tid gjennom en seismisk datainnsamlingskjøring og å lagre gruppegeometri mot tid i en arvdatabase for å repetere gruppegeometri mot tid i en etterfølgende datainnsamlingskjøring.

4. Sporings- og posisjoneringssystem i henhold til krav 3,
k a r a k t e r i s e r t v e d at hovedkontrollen (26) sammenligner posisjonen til streamer (12) mot tid og gruppegeometri mot tid med en ønsket streamerposisjon og gruppegeometri mot tid og gir ut posisjoneringskommandoer til ASPD'ene (18) for å opprettholde den ønskede streamerposisjon og gruppegeometri mot tid.

5. Sporings- og posisjoneringssystem i henhold til krav 4,
k a r a k t e r i s e r t v e d at hovedkontrollen (26) regner inn miljøfaktorer i posisjoneringskommandoene for å kompensere for miljøpåvirkninger på posisjoneringen av streamerne (12) og gruppegeometrien.

6. Sporings- og posisjoneringssystem i henhold til krav 4,
k a r a k t e r i s e r t v e d at hovedkontrollen (26) kompenserer for manøvrerbarhet i posisjoneringskommandoene for å kompensere for

manøvrerbarhetspåvirkninger på posisjoneringen av streamerne (12) og gruppegeometrien.

7. Sporings- og posisjoneringssystem i henhold til krav 1, karakterisert ved at gruppegeometrien omfatter et flertall streamere (12) posisjonert ved uniform dybde.

8. Sporings- og posisjoneringssystem i henhold til krav 1, karakterisert ved at gruppegeometrien omfatter et flertall streamere (12) posisjonert ved et flertall dybder for varierende tidsoppløsning av gruppen.

9. Sporings- og posisjoneringssystem i henhold til krav 1, karakterisert ved at gruppegeometrien omfatter et flertall streamere (12) posisjonert langs et plan, idet planet er rotert med en vinkel teta med hensyn til lengdeaksen til gruppen.

10. Sporings- og posisjoneringssystem i henhold til krav 4, karakterisert ved at gruppegeometrien blir sporet via satellitt og kommunisert til hovedkontrollen (26).

11. En fremgangsmåte for sporing og posisjonering av en seismisk streamergruppe,
karakterisert ved at den omfatter:
å taue en seismisk gruppe omfattende et flertall seismiske streamere (12);
å feste en eller flere aktive streamerposisjoneringsanordninger (ASPD) (18) til hver seismisk streamer (12) for å posisjonere den seismiske streameren (12) relativt til andre seismiske streamere (12) innenfor gruppen; og
karakterisert ved
å gi ut vertikale og horisontale posisjoneringskommandoer til ASPDene (18) for å opprettholde en spesifisert gruppegeometri.

12. Fremgangsmåte i henhold til krav 11,
karakterisert ved at den ytterligere omfatter:
tilveiebringe en miljøsensor for å føle miljøfaktorer som påvirker banen til den tauede gruppen.

13. Fremgangsmåte i henhold til krav 11,
karakterisert ved at den ytterligere omfatter:
å tilveiebringe et sporingssystem for å spore streamerposisjonen mot tid gjennom en seismisk datainnsamlingskjøring og å lagre posisjonene mot tid i en arvdatabase for å repetere posisjonen mot tid i en etterfølgende datainnsamling; og
å tilveiebringe et gruppegeometrisporingssystem for å spore gruppegeometri mot tid gjennom en seismisk datainnsamlingskjøring og å lagre gruppegeometri mot

tid i en arvdatabase for å repetere gruppegeometri mot tid i en etterfølgende datainnsamlingskjøring.

14. Fremgangsmåte i henhold til krav 13, karakterisert ved at hovedkontrollen (26) sammenligner posisjonene til streamer (12) mot tid og gruppegeometri mot tid med en ønsket streamerposisjon og gruppegeometri mot tid og gir ut posisjoneringskommandoer til ASPD'ene (18) for å opprettholde den ønskede streamerposisjon og gruppegeometri mot tid.

15. Fremgangsmåte i henhold til krav 14, karakterisert ved at hovedkontrollen (26) regner inn miljøfaktorer i posisjoneringskommandoene for å kompensere for miljøpåvirkninger på posisjoneringen av streamerne (12) og gruppegeometrien.

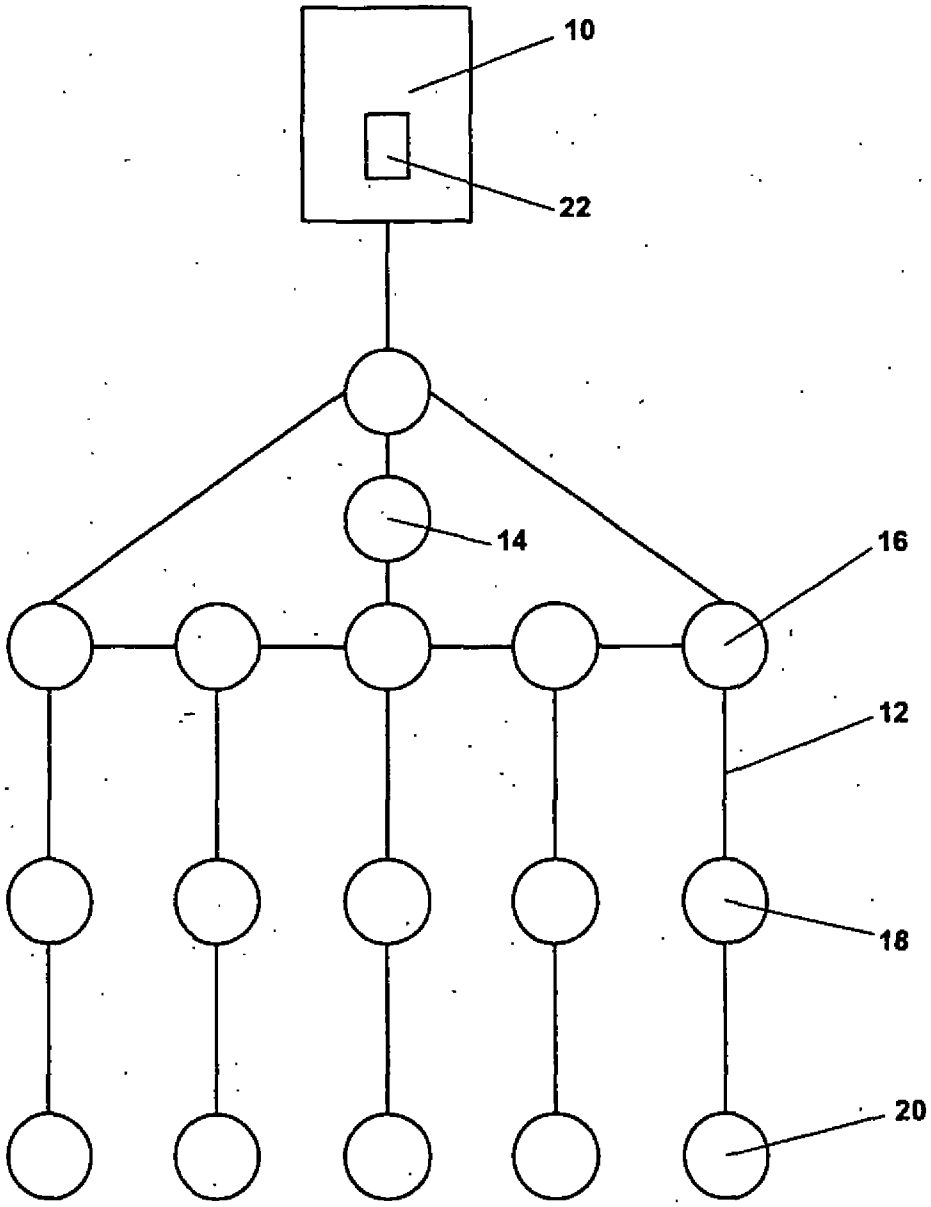
16. Fremgangsmåte i henhold til krav 15, karakterisert ved at hovedkontrollen (26) kompenserer for manøvrerbarhet til posisjoneringskommandoene for å kompensere for manøvrerbarhetspåvirkninger for posisjoneringen av streamerne (12) og gruppegeometrien.

17. Fremgangsmåte i henhold til krav 11, karakterisert ved at gruppegeometrien omfatter et flertall streamere (12) posisjonert ved en uniform dybde.

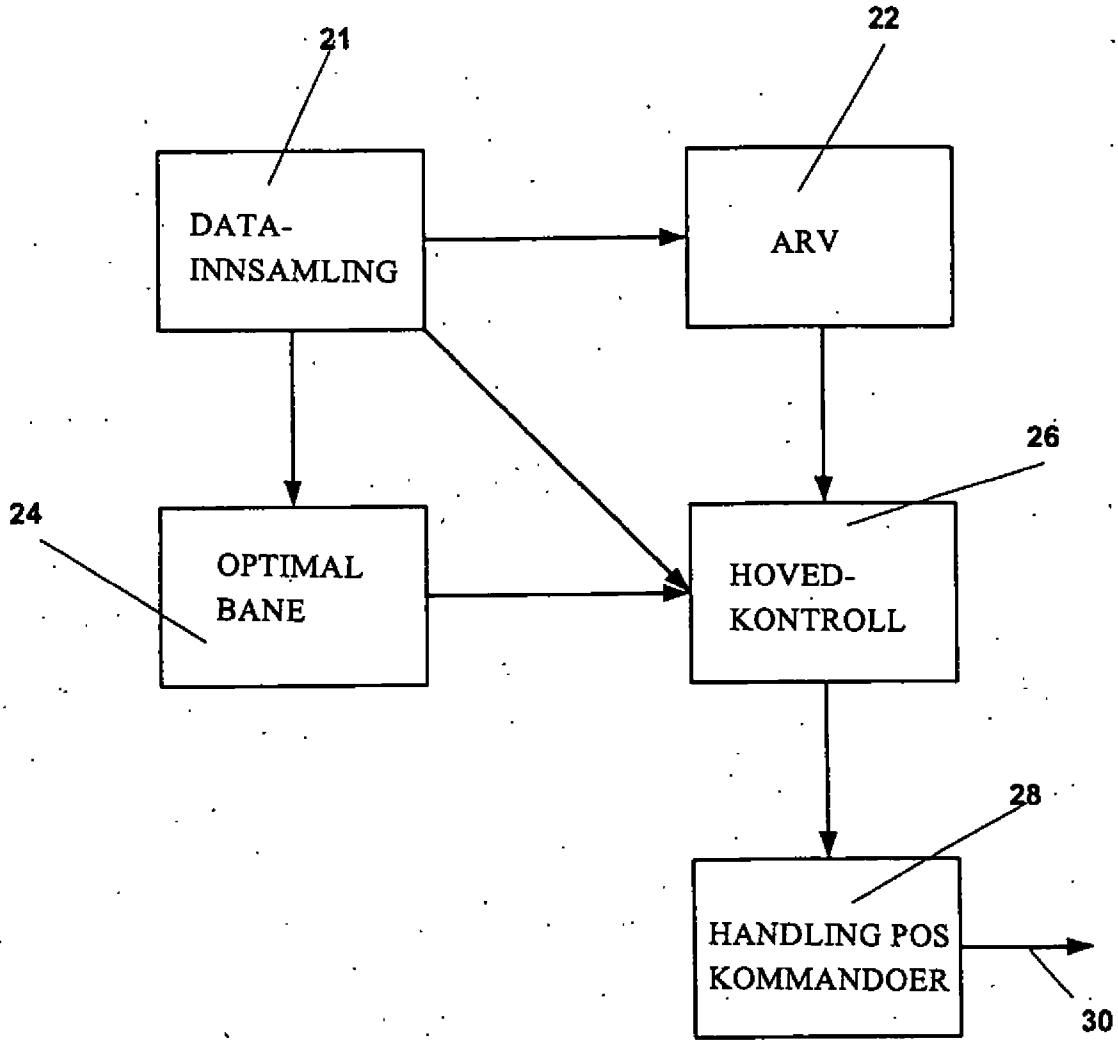
18. Fremgangsmåte i henhold til krav 11, karakterisert ved at gruppegeometrien omfatter et flertall streamere (12) posisjonert ved et flertall dybder for varierende tidsoppløsning av gruppen.

19. Fremgangsmåte i henhold til krav 11, karakterisert ved at gruppegeometrien omfatter et flertall streamere (12) posisjonert langs et plan, idet planet er rotert med en vinkel teta med hensyn på lengdeaksen til gruppen.

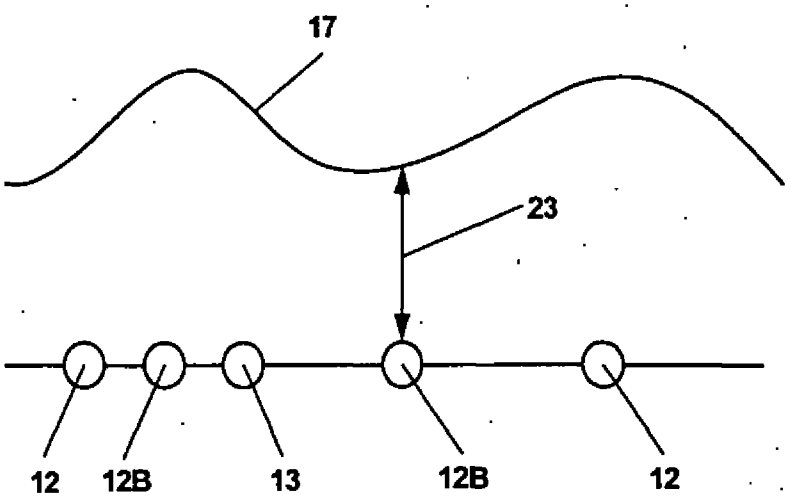
20. Fremgangsmåte i henhold til krav 14, karakterisert ved at gruppegeometrien spores via satellitt og kommuniserer til hovedkontrollen (26).



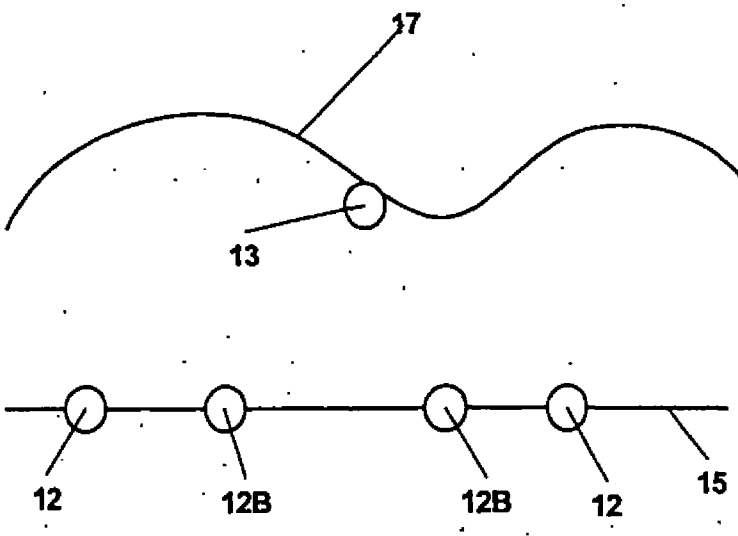
Figur 1


21
22
DATA-
INNSAMLING
ARV
26
24
OPTIMAL
BANE
HOVED-
KONTROLL
28
HANDLING POS
KOMMANDOER
30

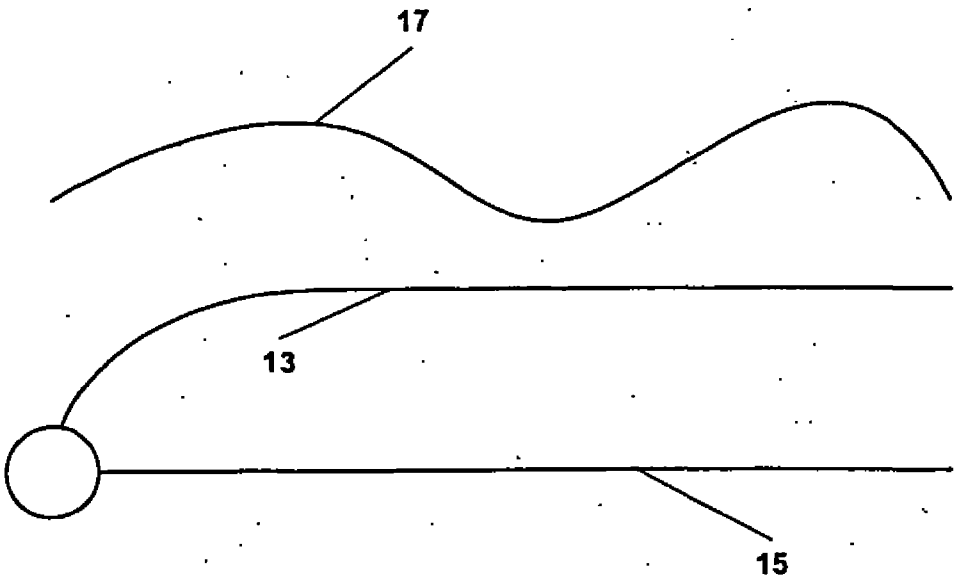
Figur 2



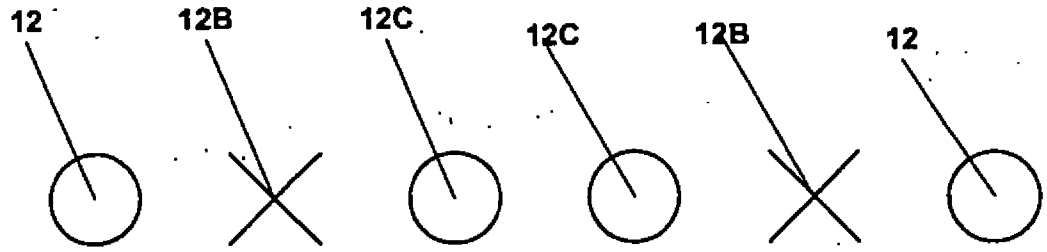
Figur 3A



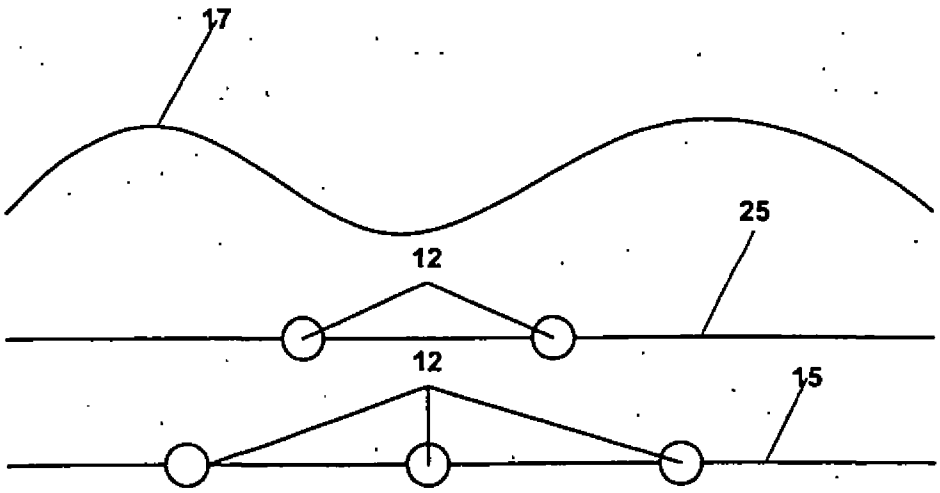
Figur 3B



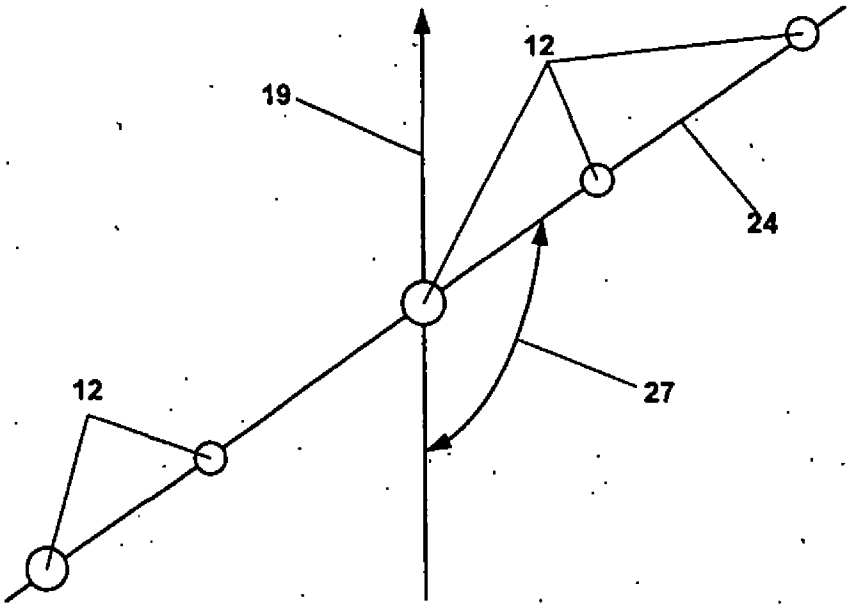
Figur 3C



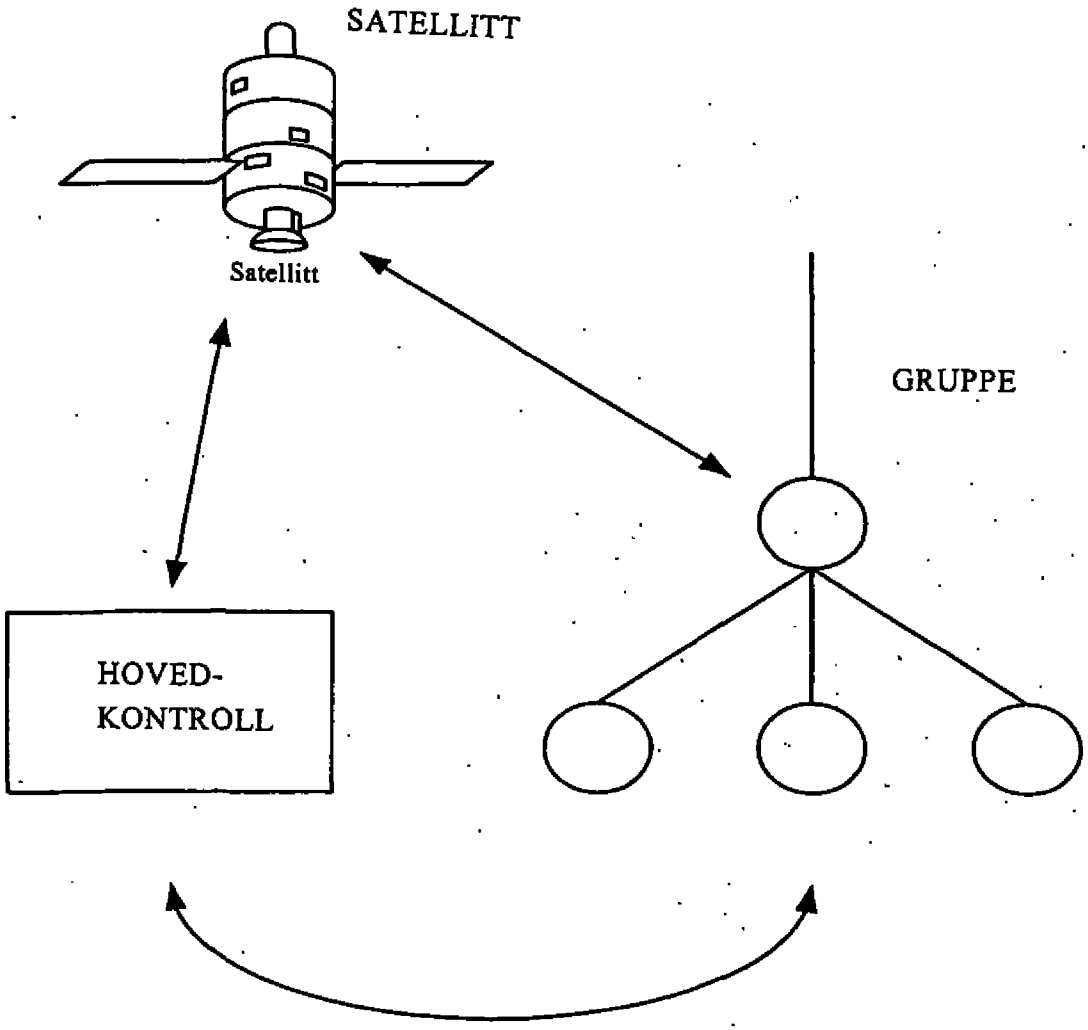
Figur 3D



Figur 4



Figur 5



Figur 6