



(12) PATENT

(11) 346462

(13) B1

NORGE

(19) NO

(51) Int Cl.

E21B 47/14 (2006.01)

E21B 47/26 (2012.01)

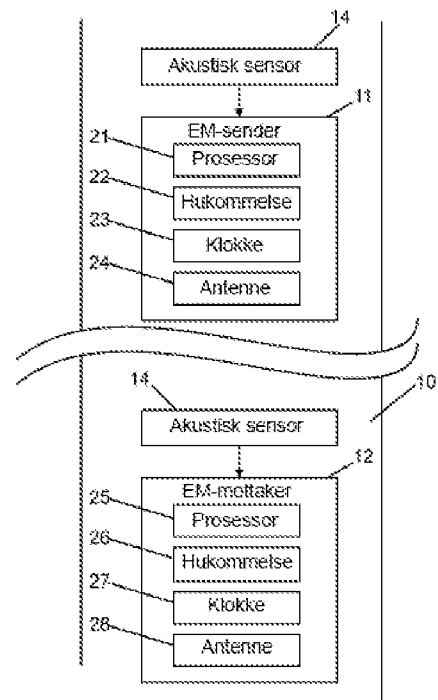
G01V 3/30 (2006.01)

## Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20140921	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2013.02.20 PCT/US2013/026847
(22)	Inng.dag	2014.07.21	(85)	Videreføringssdag	2014.07.21
(24)	Løpedag	2013.02.20	(30)	Prioritet	2012.02.21, US, 13/401,271
(41)	Alm.tilgj	2014.08.22			
(45)	Meddelt	2022.08.29			
(73)	Innehaver	Baker Hughes Holdings LLC, 17021 Aldine Westfield Road, TX77073 HOUSTON, USA			
(72)	Oppfinner	Christian Fulda, Am Papenholz 5, 31319 SEHNDE, Tyskland			
(74)	Fullmektig	BRYN AARFLOT AS, Stortingsgata 8, 0161 OSLO, Norge			

(54)	Benevnelse	<b>System og fremgangsmåte for synkronisering av instrumenter i borerør</b>
(56)	Anførte publikasjoner	US 2012068712 A1, US 5899958 A, US 2006122778 A1
(57)	Sammendrag	

Et system for å synkronisere instrumenter i et borerør (10) for å detektere formasjonskarakteristikker omfatter i det minste én første sender (11) for sending av et første signal, i det minste én første mottaker (12) for å motta et andre signal med informasjon basert på det første signal, i det minste én akustisk sender (13) for å sende et akustisk signal, og i det minste én akustisk sensor (14) elektrisk forbundet til én av den i det minste ene første sender (11) og den i det minste ene første mottaker (12), den i det minste ene akustiske sensor (14) for å føle det akustiske signal for å synkronisere den i det minste ene første sender (11) og den i det minste ene første mottaker (12).



## KRYSSREFERANSE TIL RELATERTE SØKNADER

**[0001]** Denne søknad krever fordelten av US søknad nr. 13/401271, innlevert 21. februar 2012, som herved er innlemmet med referanse i sin helhet.

### 5 BAKGRUNN

**[0002]** Verktøy som måler asimutresistivitet for en formasjon overfører et lavfrekvens elektromagnetisk (EM) signal fra en senderantenne og mottar EM-signalet med én eller flere mottakerantenner i avstand fra senderantennen.

Elektromagnetisk formasjonsegenskaper kan bestemmes basert på dempingen eller faseforskjellen mellom sendte og mottatte signaler, eller mellom signaler mottatt ved mottakerantenner atskilt ved forskjellige distanser fra senderantennen.

Verktøy som måler dyp asimutresistivitet krever at senderantennen og mottakerantennene er atskilt ved en lengre distanse fra hverandre enn verktøy som måler grunn asimutresistivitet. Som benyttet heri skal betegnelsen "grunn asimutresistivitet" vise til målinger innen omtrent 1 meter av verktøyet og betegnelsen "dyp asimutresistivitet" skal vise til målinger av resistivitet mer enn 1 meter fra verktøyet. Spesielt viser betegnelsen "dyp asimutresistivitet" til en dybde slik at en sender og mottaker må atskilles fra hverandre i forskjellige seksjoner eller verktøy av et borerør for å oppnå en måling.

20 **[0003]** US 2012068712 A1 omtaler et resistivitetsverktøy som benyttes med kablet borerør og en eller flere brønner. Resistivitetsverktøyet har en sender, mottakermoduler plassert tilstøtende borkronen, og høysensitive mottakermoduler plassert i større avstander fra borkronen i forhold til mottakermodulene.

Mottakermodulene og/eller de høysensitive mottakermodulene kan også utføre forsterkerfunksjoner for det kablede borerøret. Resistivitetsverktøyet kan tilveiebringe informasjon angående et undergrunnsområde av interesse. Resistivitetsverktøyet kan brukes i et system med sensorer, og en avstand mellom sensorene kan være basert på typen av måling oppnådd av sensorene.

### 30 SAMMENFATNING

**[0004]** Målene med foreliggende oppfinnelse oppnås ved et system for synkronisering av instrumenter i et borerør for å detektere formasjonskarakteristikker, omfattende: i det minste én første sender i borerøret

for å sende et første signal; i det minste én første mottaker i borerøret for å motta et andre signal med informasjon basert på det første signalet; videre kjennetegnet ved i det minste én akustisk sender i borerøret for å sende et akustisk signal; og i det minste én akustisk sensor i borerøret og elektrisk forbundet til én av den i det minste ene første sender og den i det minste ene første mottaker, den i det minste ene akustiske sensor for å føle det akustiske signal for synkronisering av den i det minste ene første sender og den i det minste ene første mottaker, hvor borerøret innbefatter et flertall av underseksjoner (suber), den i det minste ene første sender er lokalisert i en annen sub enn den i det minste ene første mottaker, den i det minste ene første mottaker innbefatter et flertall av første mottakere, og den i det minste ene akustiske sensor innbefatter et flertall av akustiske sensorer, hver akustisk sensor er elektrisk forbundet til en atskilt av flertallet av første mottakere, hver atskilte ene av et flertall av første mottakere lokalisert i forskjellige suber.

**[0005]** Foretrukne utførelsesformer av systemet er utdypet i kravene 2 til og med 9.

**[0006]** Målene med foreliggende oppnås også ved en fremgangsmåte for å synkronisere instrumenter i et borerør innbefattende instrumenter for detektering av informasjonskarakteristikker, kjennetegnet ved å sende et akustisk signal fra en akustisk sender i borerøret å motta det akustiske signal ved en akustisk sensor i borerøret ; og å synkronisere et flertall av første sendere og et flertall av første mottakere basert på det akustiske signal, hvor den akustiske sensor innbefatter et flertall av akustiske sensorer, enhver av flertallet av akustiske sensorer forbindes elektrisk til en respektiv én av flertallet av første mottakere, og å motta det akustiske signal innbefatter å motta det akustiske signal ved enhver av flertallet av akustiske sensorer.

**[0007]** Foretrukne utførelsesformer av fremgangsmåten er videre utdypet i kravene 11, 12 og 13.

**[0008]** Omtalt heri er et system for synkronisering av instrumenter i et borerør for detektere formasjonsegenskaper som omfatter i det minste en første sender i borerøret for å sende et første signal; i det minste én første mottaker i borerøret for å motta et andre signal med informasjon basert på det første signal; i det minste én akustisk sender i borerøret for å sende et akustisk signal; og i det minste én akustisk sensor i borerøret og elektrisk forbundet til av den i det minste ene første sender og den i det minste ene første mottaker, den i det minste ene

akustiske sensor for å føle det akustiske signal for å synkronisere den i det minste ene første sender og den i det minste ene første mottaker.

5 **[0009]** Også omtalt heri er en fremgangsmåte for å synkronisere instrumenter i et borerør for å detektere formasjonsegenskaper, omfattende sending av et akustisk signal fra en akustisk sender i et borerør, å motta det akustiske signal ved en akustisk sensor i borerøret; og å synkronisere en første sender og et første flertall av mottakere basert på det akustiske signal.

10 **[0010]** Også omtalt heri er en borerørsammenstilling, omfattende en første mottaker konfigurert for å motta et signal fra en formasjon som omgir borerøret, signalet innbefattende formasjonsinformasjon; og en første akustisk sensor konfigurert for å følge et akustisk signal og for å justere en egenskap til den første mottaker basert på det mottatte akustiske signal.

#### KORT BESKRIVELSE AV TEGNINGENE

15 **[0011]** De følgende beskrivelser skal ikke anses begrensende på noen måte. Med referanse til de vedføyde tegningene er like elementer nummerert likt:

**[0012]** Figur 1 illustrerer en borehullssammenstilling i henhold til en utførelse av den foreliggende oppfinnelse;

20 **[0013]** Figur 2 illustrerer komponenter til et synkroniseringssystem i henhold til en utførelse av oppfinnelsen;

**[0014]** Figur 3 illustrerer en borehullssammenstilling i henhold til én utførelse;

**[0015]** Figur 4 illustrerer komponenter til et synkroniseringssystem i henhold til én utførelse; og

25 **[0016]** Figur 5 er et flytskjema som beskriver en fremgangsmåte for synkronisering av signaler i henhold til én utførelse.

#### DETALJERT BESKRIVELSE

30 **[0017]** En detaljert beskrivelse av én eller flere utførelser av det omtalte system og fremgangsmåte er presentert heri ved hjelp av eksemplifisering og ikke begren- ning med referanse til figurene.

**[0018]** Med referanse til fig. 1 innbefatter en eksemplifiserende utførelse av en borehullssammenstilling 1 et borerør 10 forbundet til en rigg ved én ende og med et borkrone 15 ved den andre ende. Borerøret 10 er bygget opp av et flertall av

underseksjoner (suber) 10a-10g, som er mekanisk separate konstruksjoner som er forbundet ende-til-ende for å danne lengden av borerør 10. Det illustrerte borerøret 10 innbefatter i det minste én strålingssender 11 og i det minste en strålingsmottaker 12. For eksempel illustrerer fig. 1 en elektromagnetisk (EM) sender 11 (en underanordning (sub) 10c) og to EM-mottakere 12 (på suber 10a og 10e). Imidlertid kan ethvert antall av EM-sendere 11 og mottakere 12 benyttes og deres lokaliseringer kan varieres. I tillegg, i noen utførelser, kan EM-senderen 11 være konfigurert for å operere som en mottaker, og én eller flere av EM-mottakerne 12 kan være konfigurert for å operere som en sender. EM-mottakerne 12 er atskilt fra EM-senderne 11 ved forhåndsbestemte distanser. For eksempel, for å måle dyp asimutresistivitet, må EM-senderne 11 og mottakerne 12 være atskilt lengre fra senderne og fra hverandre enn ved måling av grunn asimutresistivitet. Følgelig er EM-senderen 11 og EM-mottakerne 12 lokalisert i henholdsvis separate suber 10a, 10c og 10e.

**[0019]** I utførelsen illustrert i fig. 1, er én EM-sender 11 lokalisert mellom to EM-mottakere 12 og et atskilt fra hver av EM-mottakerne 12. I en slik utførelse kan EM-senderen 11 være like langt borte fra EM-mottakerne 12. I en alternativ utførelse er EM-senderen 11 nærmere én av EM-mottakerne 12 enn til den andre.

**[0020]** I enda en annen utførelse kan EM-senderen 11 være lokalisert på én side av hver av EM-mottakerne 12. For eksempel kan EM-senderen 11 være lokalisert i sub 10b, én EM-mottaker 12 kan være lokalisert i sub 10d, og en annen EM-mottaker 12 kan være lokalisert i sub 10f. I en annen utførelse kan EM-senderen 11 være lokalisert nede i hullet fra hver av EM-mottakerne 12. EM-senderen 11 sender et EM-signal i formasjonen 2, EM-mottakerne 12 mottar tilsvarende EM-signaler basert på EM-signalet fra EM-senderen 11 og innbefatter videre data vedrørende egenskapene til formasjonen, slik som sammensetning, porøsitet, resistivitet, etc. Idet EM-sendere 11 og mottakere 12 er beskrevet i utførelsen illustrert i fig. 1, skal det forstås at enhver type av sender og mottaker kan benyttes for å oppnå formasjonsdata.

**[0021]** På grunn av forskjeller i egenskaper ved forskjellige lokaliseringer innen borehullet 3, kan reguleringen og fasen og/eller frekvensen til EM-mottakerne 12 avvike fra hverandre og fra EM-sender 11 når klokkesignaler eller andre drivende signaler ikke er synkron. Ikke-synkroniseringen av EM-mottakerne 12 og senderen

11 kan resultere i feil formasjonsdata. I tillegg, på grunn av distanser eller andre utformingsbetraktninger, kan det være vanskelig eller uønskelig å kjøre en ledning mellom EM-mottakerne 12, EM-senderne 11, eller mellom EM-senderne 11 og EM-mottakerne 12. For eksempel innbefatter koblingene som forbinder en sub 10 til en annen typisk en forbindelse for kraft- og datakommunikasjon slik som overføring av formasjonsdata til et overflatebasert datamaskinsystem, og ingen forbindelse for å tilveiebringe synkronisering mellom sender 11 og mottakere 12 ved forskjellige suber 16. Med andre ord er ingen ledning eller leder anordnet i borehullssammenstillingen 10 for å synkronisere EM-senderen 11 og EM-mottakerne 12.

**[0022]** For å synkronisere EM-senderen 11 og EM-mottakerne 12, innbefatter borerøret 10 videre i det minste én akustisk sender 13 og i det minste én akustisk sensor 14. For eksempel illustrerer fig. 1 en akustisk sender 13 og to akustiske sensorer 14. Imidlertid kan ethvert antall av akustiske sendere 13 og sensor 14 være benyttet. For eksempel, i én utførelse, er en akustisk sender 13 lokalisert ved siden av én EM-sender 11 og én akustisk sensor 1 er lokalisert ved siden av én EM-mottaker 12. I en annen utførelse er en akustisk sensor 14 lokalisert ved siden av EM-sender 11 og EM-mottakerne 12, og den akustiske sender 13 er atskilt fra EM-sender 11 og EM-mottakerne 12.

**[0023]** I en utførelse til den foreliggende oppfinnelse synkroniserer den akustiske sender 13 og de akustiske sensorer 14 EM-sender 11 og EM-mottakerne 12. Spesielt sender den akustiske sender 13 et akustisk signal via én eller flere av boreslammet 4, formasjonen 2 eller borerør 10. Det akustiske signal er mottatt av de akustiske sensorer 14, som så synkroniserer EM-sender 11 og EM-mottakerne 12 basert på den akustiske signal.

**[0024]** Figur 2 illustrerer synkroniseringssystemet i henhold til én utførelse. En EM-sender 11 innbefatter en antenne 24 for å sende et EM-signal, og en prosessor 21, hukommelse 22 og klokke 23. Klokken 23 kan for eksempel være en oscillator, eller annen klokkegenererende anordning. I én utførelse bestemmer klokken 23 justeringen av operasjonene til prosessoren 21, hukommelse 22 og antennen 24, slik som en frekvens og varighet av signaler sendt fra antennen 24. En akustisk sensor 14 er elektrisk forbundet til EM-sender 11. Den akustiske sensor 14 mottar

et akustisk signal fra den akustiske sender 13 og synkroniserer EM-sender 11 til EM-mottakeren 12 basert på det mottatte akustiske signal.

**[0025]** I én utførelse sender den akustiske sensor 14 et synkroniseringssignal som styrer prosessoren 21 for å sende et signal via antennen ved et spesielt tidspunkt eller for en spesiell varighet uten å styre operasjonen av klokken 23. For eksempel, i én utførelse, mottar prosessoren 21 synkroniseringssignalet fra den akustiske sensor 14, aksesserer hukommelse 22 for å dekode dataene i synkroniseringssignalet med å ta i betraktning faktorer slik som en kjent og forhåndsbestemt distanse fra den akustiske sensor 14 til den akustiske sender 13, materialer mellom den akustiske sensor 14 og den akustiske sender 13, slik som materialer til borerøret 10, boreslam 4, eller formasjonen 2, en kjent og forhåndsbestemt overføringsfrekvens eller varighet, eller enhver annen anvendbar faktor. Prosessoren 21 kan så styre antennen 24 til å overføre et EM-signal ved et tidspunkt og/eller varighet indikert ved synkroniseringssignalet. I en annen utførelse kan synkroniseringssignalet overføres ved alle tidspunkter (f.eks. kontinuerlig overføring). For eksempel kan signalet overføres hver gang sendersignalet bytter fra en positiv til en negativ halvperiode og vise versa.

**[0026]** I utførelsen illustrert i fig. 2 er en annen akustisk sensor 14 forbundet til EM-mottakeren 12 for å synkronisere EM-mottakeren 12 med EM-senderen 11. EM-mottakeren 12 innbefatter en prosessor 25, hukommelse 26, klokke 27 og antenne 28. Antennen 28 mottar et EM-signal 28 som svarer til EM-signalet generert av EM-senderen 11, men innbefatter også informasjon vedrørende formasjonen, slik som resistivitet, porøsitet og sammensetningen av formasjonen 2. For eksempel, i noen utførelser, virker EM-signalet generert av EM-sender 11 med formasjonen 2 og fører til en dempning og faseforskyvning som er detektert av EM-mottakeren 12.

**[0027]** Den akustiske sensor 14 mottar et akustisk signal 14 generert av den akustiske sender 13 og genererer et synkroniseringssignal. For eksempel, i én utførelse, mottar prosessoren 25 synkroniseringssignalet fra den akustiske sensor 14 og aksesserer hukommelse 26 for å dekode data i synkroniseringssignalet ved å ta i betraktning faktorer slik som en kjent og forhåndsbestemt distanse fra den akustiske sensor 14 til den akustiske sender 13, materialer mellom den akustiske sensor 14 og den akustiske sender 13, slik som materialer til borerøret 10, bore-

slam 14, eller formasjonen 2, en kjent og forhåndsbestemt sendefrekvens eller varighet, eller enhver annen gjeldende faktor. Prosessoren 25 kan så styre antennen 28 til å operere ved et tidspunkt og/eller varighet indikert ved synkroniserings-signalet. I tillegg kan prosessoren 25 justere tidsinformasjon av mottatt EM-

5 signaldata lagret i hukommelse 26 basert på synkroniseringssignalet.

**[0028]** I enda en annen utførelse er EM-senderen 11 og EM-mottakeren 12 synkronisert ved synkronisering av klokken 23 og 27. For eksempel kan prosessoren 21 benytte synkroniseringssignalet mottatt fra den akustiske sensor 14 for å justere en frekvens eller fase av klokken 23. Klokken 23 styrer igjen

10 timingen (justeringen) og varigheten av EM-signaloverføringsoperasjonene. Likeledes kan prosessoren 25 benytte synkroniseringssignalet mottatt fra den akustiske sensor 14 for å justere en frekvens eller fase av klokken 27. Klokken 27 styrer igjen timingen og varigheten av operasjonen til antennen 28 og sørger for at tidsdata lagres i hukommelse 26 med data oppnådd av antennen 28.

15 **[0029]** Med referanse til fig. 1 og 2, ved hjelp av forklaring av et eksempel, og ikke å begrense utførelser av oppfinnelsen til et eksempel, innbefatter borehulls-sammenstillingen 10 en EM-sender som innbefatter en overføringsantenne 24 som er Z-antenne, eller en antenne som svarer til en magnetisk dipol med dipolaksen langs akse 10c. I tillegg innbefatter EM-mottakerne 12

20 mottakerantenner 28 som er X-antenner, eller magnetiske dipoler med et dipolmoment perpendikulær til verktøyaksen. Formasjon 2-data er oppnådd enten ved demping og/eller faseforskjellen mellom signalene mottatt av mottaksantenne 28, hvilken demping og/eller fasedifferanse er et resultat av egenskaper til eller diskontinuiteter i formasjonen 2 innen volumet som er følt med EM-mottakerne 12.

25 Generelt er disse diskontinuiteter resistivitetskontraster fra et mer resistivt parti av formasjonen enn fra EM-mottakeren 12, eller vise versa. Retningen til resistivitetsdiskontinuiteten kan avledes fra retningen hvor den maksimale amplitude til signalet avhenger av mottaksantennen 28 oppstår.

30 **[0030]** Imidlertid, med en slik type av konfigurasjon kan det være vanskelig eller umulig å sjeldne med en høy-til-lav kontrast på én side fra den tilsvarende lav-til-høy kontrast på den annen side 180° fra hverandre. Ytterligere informasjon er derfor nødvendig for å bestemme om signalet er skapt av en høy-til-lav kontrast fra én side av suben 16, slik som sub 10e eller fra en lav-til-høy kontrast med den

andre siden av suben 16, slik som sub 10e hvor den andre side er  $180^\circ$  fra den ene side. Synkronisering mellom EM-senderen 11 og EM-mottakeren 12 sørger for den nødvendige ytterligere informasjon. Som benyttet heri viser betegnelsen "synkronisering" til å sende et signal som sørger for å sjeldne mellom situasjoner når et overføringssignals positive halvperiode er etterfulgt av enten en positiv halvperiode for mottakersignalet eller en negativ halvperiode for mottakersignalet. For å være i stand til å sjeldne mellom disse situasjoner, må tidsinformasjonen når den positive halvperiode til signalet starter avgis til EM-mottakeren 12. Dette kan gjøres ved å overføre et akustisk signal fra den akustiske sender 13 ved forhåndsbestemte punkter under overføringen, slik som ved begynnelsen av hver tiende sendersignalperiode.

**[0031]** Basert på det mottatte akustiske signal, er resistiviteten bestemt fra faseforskyvningen og/eller dempningen mellom EM-mottakerne 12. Sammen med retningsinformasjonen som kommer fra en anordning som er i stand til å bestemme denne retningsformasjon (f.eks. et magnetometer) er asimutegenskapene til de beregnede resistiviteter tilsiktet.

**[0032]** Figur 3 illustrerer en borehullssammenstilling 11 i henhold til oppfinnelsen. Borehullssammenstillingen 1 er lik med borehullssammenstillingen 1 illustrert i fig. 1. Imidlertid illustrerer fig. 3 ytterligere en datalinje 31 for forløper fra en analyseenhet 32 til formasjonsdata-oppsamlingsanordningene i borehullssammenstillingen 1. I én utførelse innbefatter enhver sub 10a-10f en datainngang ved én ende og en datautgang ved én ende, og datalinjen 31 strekker seg mellom datainngangen og datautgangen for å tilveiebringe data til analyseenheten 32. For eksempel kan EM-mottakerne 12 overføre data med hensyn til detekterte EM-signaler, EM-senderen 11 kan sende data, slik som overføringstidsdata, og den akustiske sender 13 kan overføre data angående en akustisk signaloverføring. Borehullssammenstillingen 1 kan videre innbefatte en retningsdetektor 33, slik som et magnetometer, for å detektere en retningsflate for borerøret 10.

**[0033]** Analyseenheten 32 kan innbefatte en datamaskin med i det minste én prosessor og hukommelse som er i stand til å motta som en inngang informasjonsdata og retningsdata fra instrumentene til borehullssammenstillingen, og ved å analysere formasjonsdata og retningsdata for å bestemme formasjonsegenskaper svarende til lokaliseringer i formasjonen 2 rundt borehullet 3.

**[0034]** Siden datalinjen 31 er dedikert for å tilveiebringe data til analyseenheten 32, kan datalinjen 31 være ute av stand for å sørge for synkronisering for EM-senderen 11 og EM-mottakerne 12. Følgelig, som omtalt ovenfor, kan den akustiske sender 13 sende et akustisk signal som er mottatt av de akustiske mottakere 14. I én utførelse er dataene fra de akustiske mottakere 14 kombinert med dataene fra EM-mottakerne 12 og overført til analyseenheten 32. Ved å benytte dataene fra de akustiske mottakere 14 og EM-mottakerne 12, kan analyseenheten 32 bestemme retningsegenskaper av mottatte EM-signaler.

**[0035]** Figur 4 illustrerer en annen utførelse av synkroniseringssystemet. Figur 4 er lik med fig. 2, med unntak at i fig. 4, er den akustiske sender 13 elektrisk forbundet til EM-senderen 11. Når den akustiske sender 13 sender et akustisk signal for å synkronisere EM-sender 11 og EM-mottaker 12, kan den akustiske sender 13 sende et synkroniseringssignal til EM-senderen 11. Synkroniseringssignalet fra den akustiske sender 13 kan så benyttes for å styre prosessoren 21 og antennen 24, eller for å styre en operasjon av klokken 23, som omtalt ovenfor med hensyn til fig. 2.

**[0036]** Figur 5 illustrerer et flytskjema for en fremgangsmåte for synkronisering av en EM-sender 11 og EM-mottaker 12 i henhold til en utførelse av oppfinnelsen. Under drift 101 sender en akustisk sender 13 et akustisk signal. Den akustiske sender 13 kan sende det akustiske signal ved forhåndsbestemte tidsintervaller eller basert på kommandoer fra en ekstern kontroller, slik som en bruker, eller for eksempel et kvalitetsstyrings datamaskinprogram. Den akustiske sender 13 kan sende det akustiske signal gjennom borerøret 10, gjennom boreslammet 4, og/eller gjennom formasjonen 2.

**[0037]** Under drift 102, mottar én eller flere akustiske sensorer det akustiske signalet. De akustiske sensorer 14 er elektrisk forbundet til en EM-sender 11 og EM-mottaker 12. Under drift 103, er det mottatte akustiske signal benyttet for å synkronisere EM-senderen 11 og EM-mottakeren 12.

**[0038]** For eksempel, i én utførelse, genererer det akustiske signal et synkroniseringssignal som direkte styrer en timing og/eller varighet av et sendt EM-signal og operasjonen av en mottakende EM-antenne 28 uten å justere klokken som styrer timingen av EM-senderen 11 og EM-mottakeren 12. I en alternativ utførelse genererer det akustiske signal et synkroniseringssignal som justerer timing,

varighet, og/eller fase av klokke 23 og 27 som styrer timingen av EM-senderen 11 og EM-mottakeren 12.

5 **[0039]** I henhold til de ovenfor beskrevne utførelser kan akustiske signaler benyttes for å synkronisere formasjonsdata som samler sendere og mottakere i et borerør hvor utformingsbetraktninger gjør det umulig å tilveiebringe en synkronisering via en ledning mellom senderne og mottakerne. De akustiske signaler kan genereres av en akustisk sender og kan mottas av akustiske sensorer. Den akustiske sender og sensorer kan generere synkroniseringssignaler for å synkronisere formasjonsdatainnsamlingssenderne og mottakeren.

10 **[0040]** I noen utførelse er det akustiske synkroniseringssystem og fremgangsmåten kalibrert og synkroniseringsdataene og signalene er korrigeret for å ta i betraktning reisetiden til det akustiske signalet. For å utføre kalibrering er borehullssammenstillingen sammenstilt på overflaten, den akustiske sender og akustiske mottaker er drevet, én eller flere akustiske signaler er sendt fra den akustiske sender til den akustiske mottaker, og reisetiden av det akustiske signal er målt.

15 **[0041]** Deretter er borehullssammenstillingen innført i et borehull, det akustiske signal er igjen sendt, og reisetiden for det akustiske signal er beregnet. Reisetiden kan justeres for miljøegenskaper i borehullet, slik som temperatur. Overførings- tiden er beregnet basert på ankomsttiden for det akustiske signal ved den akustiske sensor, hvor overføringstiden er ankomsttiden minus reisevarigheten av det akustiske signalet.

20 **[0042]** Til støtte for omtalen heri, kan forskjellige analyser og/eller analytiske komponenter benyttes, innbefattende digitale og/eller analoge systemer. Systemet kan ha komponenter slik som en prosessor, lagringsmedia, hukommelse, inngang, 25 utgang, kommunikasjonsforbindelse (med ledning, uten ledning, pulsert slam, optiske eller andre), brukergrensesnitt, dataprogrammer, signalprosessorer (digital eller analog) og andre slike komponenter (slik som motstander, kondensatorer, induktorer og andre) for å sørge for operasjon og analyser av apparatet og fremgangsmåtene omtalt heri på enhver av mange måter som er velkjent innen fagområdet. Det er overveid at disse omtaler kan være, men behøver ikke å være, implementert i forbindelse med sett av datamaskin-eksekverbare instruksjoner lagret på et datamaskin-lesbart medium, innbefattende hukommelse (ROM, RAM), 30

optisk (CD-ROM), eller magnetisk (disker, harddisker), eller enhver annen type som når effektivt bevirker at en datamaskin implementerer fremgangsmåten til den foreliggende oppfinnelse. Disse instruksjoner kan sørge for utstysoperasjon, styring, datainnsamling og analyser og andre funksjoner som anses relevant av en systemdesigner, eier, bruker eller annet slikt personell, i tillegg til funksjonene beskrevet i denne beskrivelse.

**[0043]** Videre kan forskjellige andre komponenter være innbefattet og innhentet for å sørge for aspekter i omtalen heri. For eksempel kan en krafttilførsel (f.eks. i det minste én av en generator, en fjernforsyning og et batteri), vakuumentilførsel, trykktilførsel, avkjøling (dvs. kjøling) enhet eller tilførsel, oppvarmingskomponent, drivende kraft (slik som translasjonskraft, drivkraft eller en rotasjonskraft), magnet, elektromagnet, sensor, elektrode, sender, mottaker, sender/mottaker-enhet, kontroller, optisk enhet, elektrisk enhet eller elektromekanisk enhet være innbefattet til støtte for forskjellige aspekter omtalt heri og til støtte for andre funksjoner utover denne beskrivelse.

**[0044]** Én som er faglært på området vil oppdage at de forskjellige komponenter eller teknologier kan sørge for viss nødvendighet eller fordelaktig funksjonalitet eller elementer. Følgelig kan disse funksjoner og elementer være nødvendig til støtte for de vedføyde kravene og varianter derav, og er anerkjent som å være iboende innbefattet som en del av lærene heri og som en del av den omtalte oppfinnelse.

**[0045]** Idet oppfinnelsen har blitt beskrevet med referanse til eksemplifiserende utførelser, vil det forstås av de som er faglært på området at forskjellige forandringer kan gjøres og ekvivalenter kan erstattes for elementer derav uten å avvike fra omfanget av oppfinnelsen. I tillegg vil mange modifikasjoner forstås av de som er faglært på området for å tilpasse et spesielt instrument, situasjon eller materiale til lærene i oppfinnelsen uten å avvike fra det vesentlige omfang derav. Derfor er intensjonen at oppfinnelsen ikke er begrenset til den spesielle utførelse omtalt som den beste utførelsesform overveid for å utføre denne oppfinnelse, men at oppfinnelsen vil innbefatte alle utførelser som faller innen omfanget av de vedføyde kravene.

## P A T E N T K R A V

1. System for synkronisering av instrumenter i et borerør (10) for å detektere  
5 formasjonskarakteristikker, omfattende:  
i det minste én første sender (11) i borerøret (10) for å sende et første  
signal;  
i det minste én første mottaker (12) i borerøret (10) for å motta et andre  
signal med informasjon basert på det første signalet; videre  
10 k a r a k t e r i s e r t v e d  
i det minste én akustisk sender (13) i borerøret (10) for å sende et akustisk  
signal; og  
i det minste én akustisk sensor (14) i borerøret (10) og elektrisk forbundet til  
én av den i det minste ene første sender (11) og den i det minste ene første  
15 mottaker (12), den i det minste ene akustiske sensor (14) for å føle det akustiske  
signal for synkronisering av den i det minste ene første sender (11) og den i det  
minste ene første mottaker (12), hvor borerøret (10) innbefatter et flertall av  
underseksjoner (suber) (10a-10g), den i det minste ene første sender (11) er  
lokalisert i en annen sub (10a-10g) enn den i det minste ene første mottaker (12),  
20 den i det minste ene første mottaker (12) innbefatter et flertall av første mottakere,  
og den i det minste ene akustiske sensor (14) innbefatter et flertall av akustiske  
sensorer, hver akustisk sensor (14) er elektrisk forbundet til en atskilt av flertallet  
av første mottakere (12), hver atskilte ene av et flertall av første mottakere (12)  
lokalisert i forskjellige suber (10a-10g).  
25
2. System ifølge krav 1,  
k a r a k t e r i s e r t v e d a t den i det minste ene første sender (11) innbefatter  
en første klokke (23), den i det minste ene første mottaker (12) innbefatter en  
andre klokke (27), og  
30 det akustiske signal synkroniserer den første klokke (23) til den andre  
klokke (27).

3. System ifølge krav 1,  
karakterisert ved at den i det minste ene første sender (11) innbefatter  
en overføringsantenne (24),  
den i det minste ene første mottaker (12) innbefatter en mottakerantenne  
5 (28), og  
det akustiske signal synkroniserer i det minste én av en fase og en varighet  
av operasjon av overføringsantennen (24) og mottakerantennen (28).
4. System ifølge krav 1,  
10 karakterisert ved at den i det minste ene første sender (11) er en  
elektromagnetisk sender, og  
den i det minste ene første mottaker (12) er en elektromagnetisk mottaker.
5. System ifølge krav 1,  
15 karakterisert ved at den akustiske sender (13) sender det akustiske  
signal gjennom boreslam.
6. System ifølge krav 1,  
karakterisert ved at det videre omfatter et borerør (10),  
20 hvori hver av den i det minste ene første sender (11), den i det minste ene  
første mottaker (12), den i det minste ene akustiske sender (13), og den i det  
minste ene akustiske sensor (14) er lokalisert innen borerøret (10), og  
den akustiske sender sender (13) det akustiske signal gjennom borerøret  
(10).  
25
7. System ifølge krav 1,  
karakterisert ved at det videre omfatter en analyseenhet (32)  
konfigurert for å motta formasjonsdata fra den i det minste ene første mottaker  
(12) og for å bestemme formasjonskarakteristikker basert på formasjonsdataene.  
30
8. Systemet ifølge krav 7,  
karakterisert ved at analyseenheten (32) er videre konfigurert for å  
motta synkroniseringsdata fra den i det minste ene første mottaker (12) basert på

det akustiske signal mottatt av den i det minste ene akustiske sensor (14), og å bestemme retningsformasjonskarakteristikker basert på de synkroniserte dataene.

9. System ifølge krav 1,

5 k a r a k t e r i s e r t v e d a t den i det minste ene akustiske sender (13) er konfigurert for å sende det akustiske signal ved begynnelsen av hver tiende sendersignal-periode.

10. Fremgangsmåte for å synkronisere instrumenter i et borerør (10)

10 i n n b e f a t t e n d e i n s t r u m e n t e r f o r d e t e k t e r i n g a v f o r m a s j o n s k a r a k t e r i s t i k k e r ,  
k a r a k t e r i s e r t v e d

å sende et akustisk signal fra en akustisk sender (13) i borerøret (10);

å motta det akustiske signal ved en akustisk sensor (14) i borerøret (10); og

15 å synkronisere et flertall av første sendere (11) og et flertall av første mottakere (12) basert på det akustiske signal, hvor den akustiske sensor (14) innbefatter et flertall av akustiske sensorer, enhver av flertallet av akustiske sensorer (14) forbindes elektrisk til en respektiv én av flertallet av første mottakere (12), og

20 å motta det akustiske signal innbefatter å motta det akustiske signal ved enhver av flertallet av akustiske sensorer.

11. Fremgangsmåte ifølge krav 10,

k a r a k t e r i s e r t v e d a t m i n s t é n a v d e n f ø r s t e s e n d e r ( 1 1 ) o g f l e r t a l l e t a v f ø r s t e m o t t a k e r e ( 1 2 ) e r e l e k t r i s k f o r b u n d e t t i l d e n a k u s t i s k e s e n s o r ( 1 4 ) .

25

12. Fremgangsmåte ifølge krav 10,

k a r a k t e r i s e r t v e d a t d e n v i d e r e o m f a t t e r :

å sende et elektromagnetisk (EM) signal med den første sender (11); og

å motta med flertallet av første sendere (11) et signal som innbefatter

30 f o r m a s j o n s i n f o r m a s j o n b a s e r t p å E M - s i g n a l e t .

13. Fremgangsmåte ifølge krav 10,

k a r a k t e r i s e r t v e d a t d e n v i d e r e o m f a t t e r :

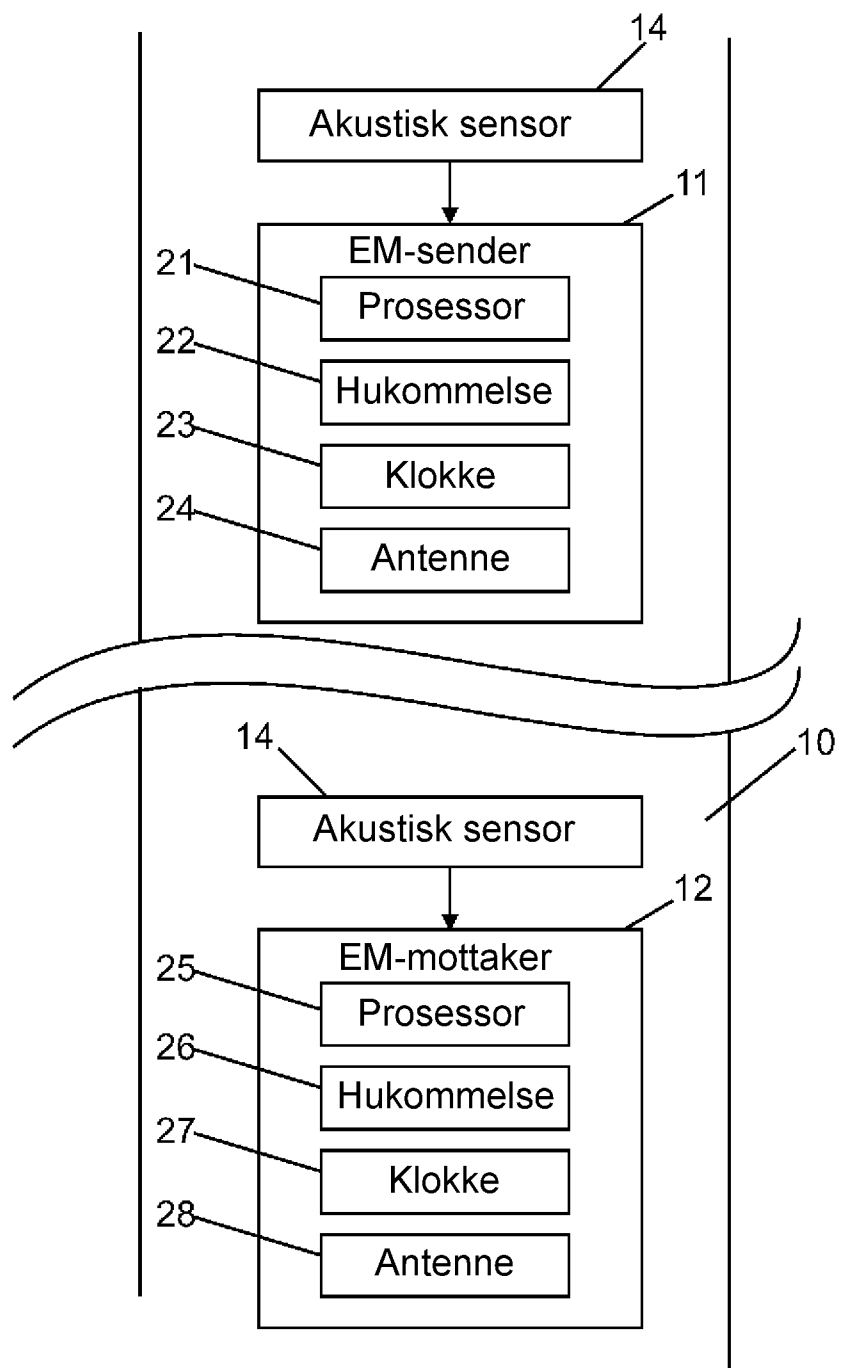
å oppnå retningsinformasjon for et borerør (10) i hvilket den første sender (11) og flertallet av første mottakere (12) er lokalisert; og

å generere formasjonsdata basert på synkronisert formasjonsdata fra flertallet av første mottakere (12) og retningsinformasjonen.



2/5

FIG. 2



3/5

FIG. 3

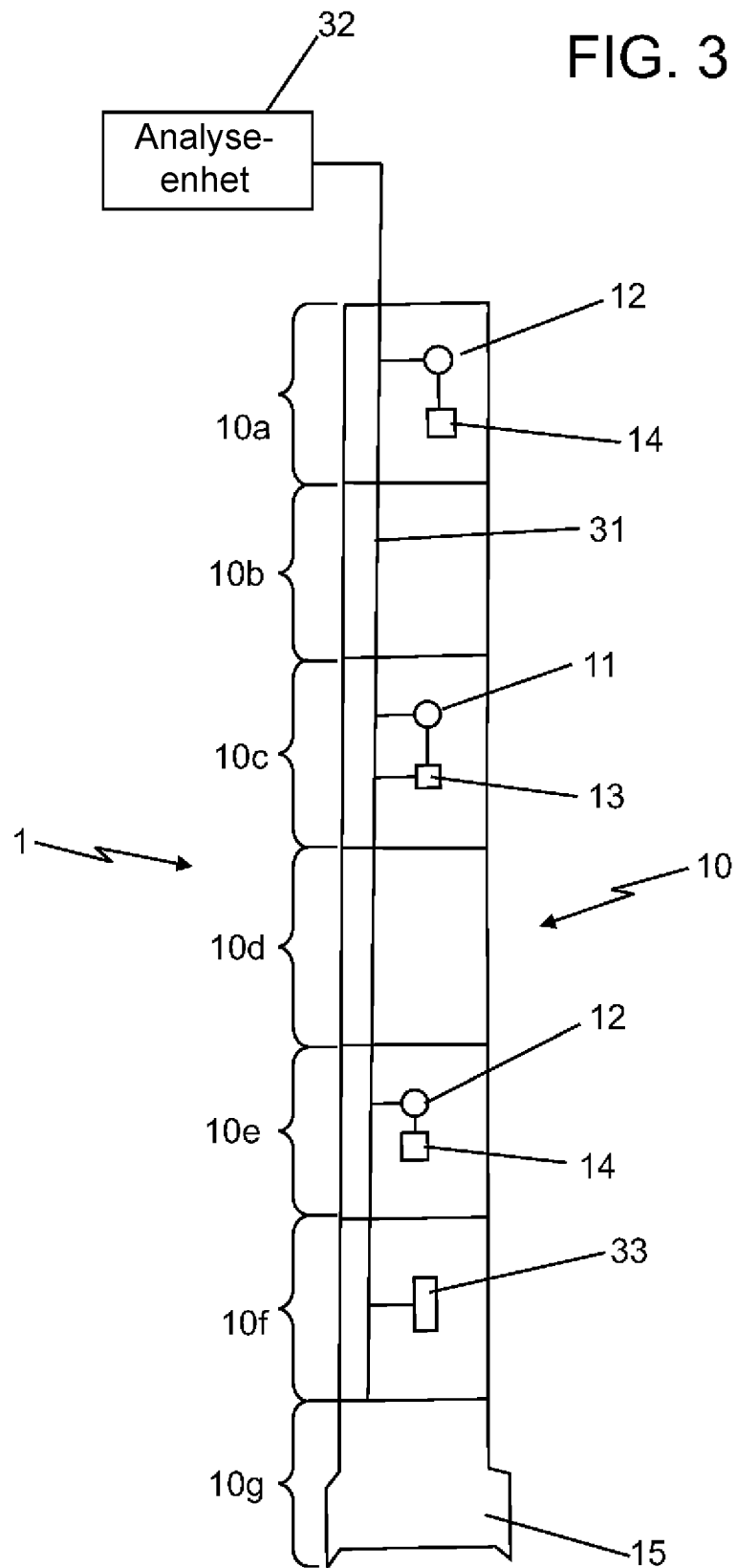
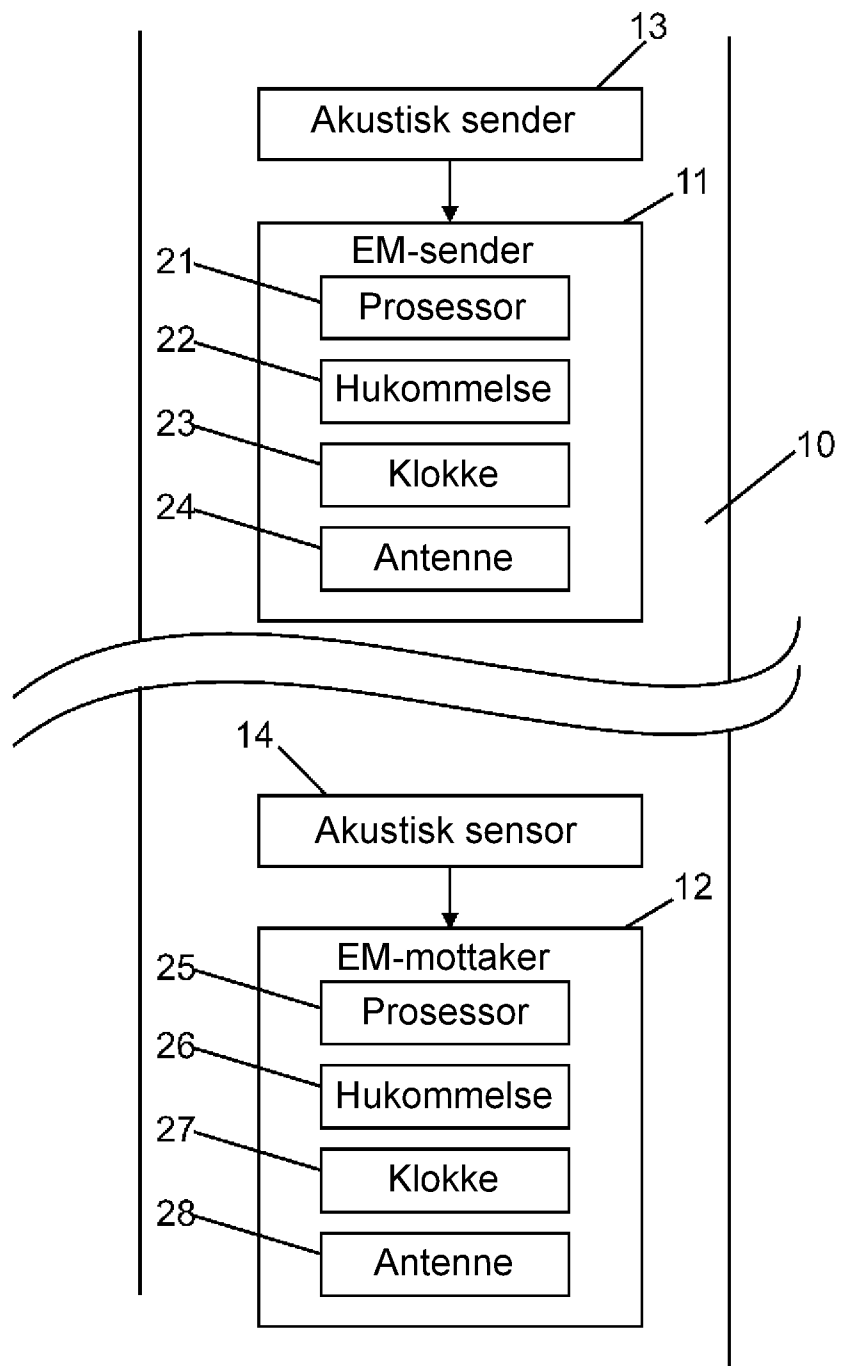


FIG. 4



5/5

FIG. 5

