



(12) **PATENT**

(19) **NO**

(11) **334060**

(13) **B1**

NORGE

(51) **Int Cl.**

G01V 1/36 (2006.01)

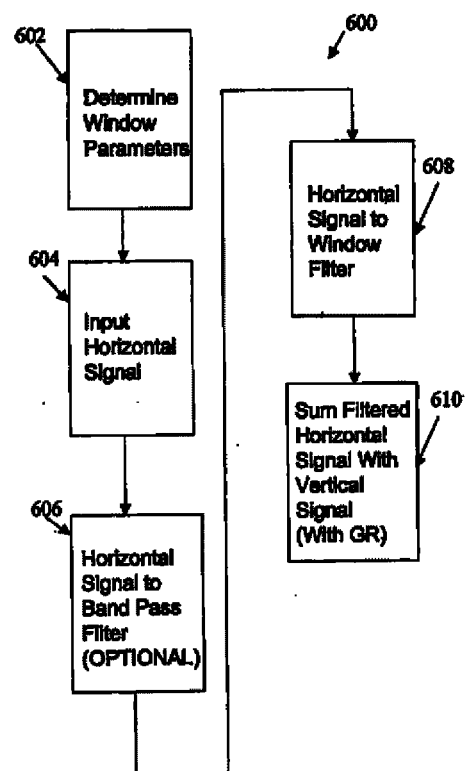
G01V 1/18 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20044420	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2003.03.19 PCT/US2003/08317
(22)	Inng.dag	2004.10.19	(85)	Videreføringsdag	2004.10.19
(24)	Løpedag	2003.03.19	(30)	Prioritet	2002.03.20, US, 366116
(41)	Alm.tilgj	2004.10.19			
(45)	Meddelt	2013.12.02			
(73)	Innehaver	INOVA Ltd, P.O. Box 309GT Ugland House, South Church Street, KY- GEORGE TOWN, Cayman-øyene			
(72)	Oppfinner	Gary Crews, 3800 Whiffletree Court, US-TX75023 PLANO, USA Russell A Kappius, 10926 West Bowles Place, US-CO80127 LITTLETON, USA			
(74)	Fullmektig	Tandbergs Patentkontor AS, Postboks 1570 Vika, 0118 OSLO, Norge			

(54)	Benevnelse	Adaptiv filtreringsinnretning og fremgangsmåte for seismisk datafangst
(56)	Anførte publikasjoner	US 4890264 A US 5971095 A
(57)	Sammendrag	

Sammendrag Oppfinnelsen tilveiebringer en fremgangsmåte for adaptiv filtrering for i det vesentlige å fjerne jordrellingsstøy som påtreffes under seismisk datafangst. Videre er det tilveiebrakt en innretning for ervervelse av seismiske data som omfatter en adaptiv filtreringskrets som er koplet til en flerakset føleranordning.



Bakgrunn for oppfinnelsen

1. Oppfinnelsens område

5 Oppfinnelsen angår generelt geologiske undersøkelser, og mer spesielt en innretning og en fremgangsmåte for ervervelse og behandling av seismiske data.

2. Beskrivelse av den beslektede teknikk

10 Konvensjonelle geofon-, akselerometer- og hydrofonsystemer som benyttes ved seismisk prospektering, har typisk flere følere som frembringer signaler som betegner akustisk energi, vanligvis i form av en seismisk bølge. Den seismiske bølge frembringes vanligvis av en energikilde, så som en vibratorvogn eller eksplosiver, eller ved hjelp av en luftkanon når det dreier seg om et hydrofonsystem. Disse seismiske signaler ledes da til en ervervelses/omformingskrets. De analoge signaler fra en eller flere fjerntliggende
15 seismiske følere (hydrofoner, geofoner eller andre seismiske følere) samples og omformes til en rekke digitale verdier ved hjelp av ervervelses/omformingskretsen. Ervervelses/-omformingskretsen er typisk konfigurert for f.eks. å justere punktprøvings- eller samplingsfrekvensen, endre eventuell digital filtrering eller andre digitale signalbehandlingsparametere, eller utføre diagnostikk.

20 En eller flere av disse ervervelses/omformingskretser er forbundet med en datainnsamlingsenhet. Hver datainnsamlingsenhet innsamler rekkene av digitale verdier for alle de seismiske følere som er forbundet med alle de ervervelses/omformingsenheter som er forbundet med denne. Datainnsamlingsenheten formidler disse data til en systemstyreenhet som kan omfatte en seismisk registreringsanordning.

25 Akustiske, seismiske bølger omfatter mange forskjellige energisignaturer. Disse omfatter P- og Skjær-signaler som er karakterisert ved forskjellige ankomsttider (forskjellige hastigheter) ved detektorene. Signalene inneholder forskjellige frekvenser for enhver gitt geologisk hendelse. Følgelig korrelerer de ikke mellom et tidsbegrenset vertikalt og horisontalt tidsvindu.

30 Andre seismiske signaler er mindre ønskelige signaler som er kjent som støy. Én form for støy er kjent som jordrulling (eng: ground roll). Jordrullingsstøy, eller ganske enkelt jordrulling, ankommer med vertikale og horisontale komponenter på samme tid med de samme frekvenser. Disse signaler er polarisert 90° i forhold til hverandre. Støyen korrelerer derfor ikke mellom tidsbegrensede vertikale og horisontale registreringer.

35 Jordrulling genereres når den aktive kilde aktiveres. Akustisk energi reflekteres fra grunne impedanser så vel som impedanser på en måldybde. De grunne refleksjoner har stor amplitude sammenliknet med refleksjoner fra måldybden, og ankommer iblant ved overflatedetektorer på samme tid. Støyutsendelser påvirker seismisk datafangst på ugunstig måte i den grad at mange konvensjonelle systemer er konstruert rundt

støyegenskaper snarere enn seismiske signalbehov. Ett eksempel er den generelt aksepterte praksis med utplassering av geofoner i grupperinger i et forsøk på å oppheve virkningene av jordrulling basert på det faktum at disse støysignaler har andre frekvenser enn signalhendelser (i det minste båndbegrenset), har stor amplitude og er dispersive.

5 Benyttelse av grupperinger alene for å redusere jordrulling er bare delvis vellykket på jordrullingseliminering. Den langsomme hastighet av jordrulling krever dessuten strenge romlige samplingskrav dersom den skal elimineres ved benyttelse av tradisjonelle filtreringsmetoder, så som frekvensbølgetall (FK)-filtrering.

10 Polarisasjonsfiltre er den brede kategori av filtre som er basert på deteksjon og separasjon av jordrulling som følge av dens elliptiske partikkelbevegelse. Flere polarisasjonsfiltre er blitt benyttet med bare begrenset suksess på grunn av dispersjons- eller spredningsnaturen til jordrulling så vel som ugyldiggjøringen av mange antakelser som følge av lokale geologiske forhold.

Adaptive systemer er generelt karakterisert ved evnen til å justere ytelse på 15 tidsvarierende måte ved benyttelse av en dynamisk støyestimatinnmating. Kjente adaptive filtreringsteknikker omfatter ikke evnen til å benytte både de vertikale og horisontale komponenter fra en eneste flerakset føler. De typiske filtreringsmetoder skjelner dessuten ikke jordrulling fra andre former for energi, og kan filtrere ønskelige signaler så vel som jordrulling. Endelig tilveiebringer ikke det typiske system evnen til å redusere jordrulling 20 stasjon for stasjon på grunn av den generelle tillit til romlig sampling og mottakergrupperinger.

Av tidligere beskrevet teknikk nevnes patentdokument US 4890264 A, som beskriver en fremgangsmåte for filtrering av seismiske signaler i et seismisk oppmålingssystem ved 25 mottakelse av en akustisk bølge ved benyttelse av en detektor, overføring av et første signal og et andre signal fra detektoren, idet det første signal og det andre signal betegner retningskomponenter av den mottatte akustiske bølge, og anvendelse av en adaptiv filteralgoritme på det første signal, idet adaptive filter omfatter et tilbakekoplingssignal som betegner en utvalgt del av det første signal kombinert med det andre signal.

30

Det nevnes også patentdokument US 5971095 A som fremlegger en fremgangsmåte for filtrering av støy fra diskrete støyfylte seismiske signaler i et tidsintervall. Fremgangsmåten omfatter prosessstrinn som går ut på å anvende de støyfylte seismiske signalene for å bestemme minst en referansekanal for tidsintervallet som et estimat for støyen. Det 35 bestemmes da koeffisienter for M ($M \geq 2$) tidsbestemte lokalfiltre, hvor filtrene danner en filterbank, ved å minimere en omkostningsfunksjon som representerer et mål på feilen i signalet fra filterbanken. Filterbanken anvendes på det minst ene estimat for å fastlegge M filtrerte anslåtte verdier for støyen. De filtrerte estimatene multipliseres med tidsvinduer.

Sammenfatning av oppfinnelsen

Oppfinnelsen er rettet på de ovenfor angitte problemer som finnes i det konvensjonelle seismiske datafangstsystem, ved å tilveiebringe et system som har flere feltenheter omfattende en eller flere seismiske kilder, en eller flere fleraksede seismiske følere for mottakelse av akustisk energi som genereres av kildene og reflekteres inne i en underjordisk formasjon, en datafangstenhet, en mottaker/sender, og en sentral styreenhets-prosessor som er beliggende fjernt fra en eller feltenheter. En adaptiv filteralgoritme benyttes av prosessoren for å behandle vertikale og horisontale følerutmateringer basert på innledende filterkoeffisienter, hvor filterkoeffisientene tilpasses på en sampel-for-sampel-basis som et estimat av støyendringene. I en foretrukket utførelse lagres de innledende filterkoeffisienter i en minneanordning i styreenheten.

En fremgangsmåte ifølge oppfinnelsen omfatter to trinn. Det første trinn er en filterkonstruksjon hvor det defineres forskyvningsavhengige anvendelses- eller bruksvinduer basert på momentane faseforskjeller mellom vertikale og horisontale komponenter. Et frekvensbånd kan velges ved benyttelse av et båndpassfilter dersom dette ønskes. Det andre trinn er å anvende en minste middelkvadraters (LMS) adaptiv filteralgoritme bare på dataene innenfor forskyvningsvinduet og tidsavsmalning inn og ut av vinduet.

Ifølge ett aspekt benyttes oppfinnelsen til å redusere eller eliminere geofon-grupperinger eller geofonoppstillinger for å dempe jordrulling. Systemet ifølge oppfinnelsen er ikke avhengig av asimutkonstruksjonsparametere som er knyttet til mange mottakeroppstillingskonstruksjoner. Oppfinnelsen tilveiebringer mulighet for å konstruere et system hvor det benyttes ønskede signaler som en primær konstruksjonsfaktor i stedet for støysignaler.

Oppfinnelsen tilveiebringer et effektivt jordrullingsfilter uten bekymring for oppstillinger eller romlig sampling, samtidig som avhengighet av støypolarisering reduseres. Ifølge ett aspekt omfatter en innretning for tilveiebringelse av filtrerte seismiske signaler en detektor som er koplet til jorden for å motta en akustisk bølge, idet detektoren tilveiebringer en utmating som omfatter et første signal og et andre signal, idet det første signal og det andre signal betegner retningskomponenter av den mottatte akustiske bølge. En prosessor er koplet til detektoren for å motta det første signal og det andre signal, idet prosessoren behandler kommandoer for å anvende en adaptiv filteralgoritme på det første signal, idet det adaptive filter omfatter et tilbakekoplingssignal som betegner en utvalgt del av det første signal kombinert med det andre signal.

Detektoren er fortrinnsvis et flerakset MEMS-akselerometer, og et valgfritt båndpassfilter kan benyttes til å filtrere utmatingen fra det adaptive filter. Alternativt kan båndpassfilteret være hvilket som helst annet nyttig båndfilter, f.eks. et båndstopppfilter.

Kort beskrivelse av tegningene

De nye trekk ved oppfinnelsen, så vel som selve oppfinnelsen, vil bli best forstått ut fra de vedlagte tegninger tatt sammen med den etterfølgende beskrivelse der like henvisningstall betegner like deler, og der

fig. 1 viser en skjematisk fremstilling av en utførelse av et seismisk datafangssystem ifølge oppfinnelsen,

fig. 2 viser en flerakset føler for benyttelse i et slikt system som systemet på fig.

1,

fig. 3 viser en utførelse av følermodulen på fig. 2,

fig. 4 viser en alternativ utførelse av følermodulen på fig. 3,

fig. 5A viser et konvensjonelt adaptivt filter,

fig. 5B viser et adaptivt filter ifølge oppfinnelsen,

fig. 6 viser et flytskjema av en fremgangsmåte ifølge oppfinnelsen, og

fig. 7 viser et flytskjema av en alternativ fremgangsmåte ifølge oppfinnelsen.

Nærmere beskrivelse av oppfinnelsen

Fig. 1 viser en skjematisk fremstilling av en utførelse av et seismisk undersøkelses- eller oppmålingssystem ifølge oppfinnelsen. Systemet 100 omfatter en primær styre- og registreringsenhet 102 for avgivelse av kommandoer til og mottakelse av datasignaler fra en eller flere fjerntliggende enheter i systemet 100. Som vist, er den primære styre- og registreringsenhet 102 en mobil enhet som blant fagfolk på området er kjent som "vogn" ("truck") eller "hundehus" ("dog house"). Alternativt kan den primære styre- og registreringsenhet rommes i hvilket som helst kjøretøy eller fartøy, eller kan være semipermanent installert på et forutbestemt sted.

Den primære styre- og registreringsenhet 102 (i det følgende også omtalt som den sentrale styreenhet 102) er koplet til en eller flere mottakerenheter 104. Mottakerenhetene kan være beliggende på samme sted som den sentrale styreenhet 102, eller enhetene kan være beliggende på feltet, f.eks. i spredningen (eng: the spread). Mottakerne 104 er via en toveis kommunikasjonsforbindelse 124 koplet til et antall datafangstenheter (DAU = Data Acquisition Units) 106a-106b, etc. Datafangstenhetene 106 omfatter kretser for mottakelse av signaler fra en oppstilling 108 av seismiske følere 108a. Hver seismisk føler tilveiebringer fortrinnsvis et digitalt utgangssignal som betegner avfølt seismisk aktivitet. I en alternativ utførelse er følerutgangssignalet analogt, idet A/D-omforming utføres i en DAU-enhet.

Systemet 100 omfatter videre en seismiske kilde 110, så som en gruppe av en eller flere vibratorvogner, sprengstoff (f.eks. dynamitt), luftkanoner eller liknende. Kilden

110 og den sentrale styreenhet 102 er forbundet via en toveis kommunikasjonsforbindelse 122. Kommunikasjonsforbindelsen 122 kan være analog eller digital, og således overførte data omfatter fortrinnsvis styreinnsstillinger, skuddkommandoer, (relativ og/eller global) beliggenhets-statusinformasjon, kildetilgjengelighet, kildekvalitet og eventuell annen informasjon som er nyttig ved administrering av undersøkelsen/oppmålingen.

Under drift tilfører kilden 110 akustisk energi inn i jordens overflate 114, og setter dermed opp en akustisk bølge 116 som overveiende stråler ut nedover i jorden. Den akustiske bølge 116 vil bli delvis reflektert ved en impedansendring, så som en formasjonsgrense 120, og således frembringe en reflektert bølge 118 som beveger seg overveiende bakover mot overflaten 114.

Den reflekterte bølge 118 detekteres i detektorgrupperingen 108 av de individuelle følere 108a. Følerne kan være et vilkårlig antall følere som er tilpasset til å detektere akustisk energi, så som en geofon, en mikrofon, en akselerometerbasert detektor, en hydrofon når det dreier seg om fuktige steder, og liknende. Grupperingen eller oppstillingen kan alternativt være et eneste element eller omfatte mange elementer. Detektorene 108a kan tilveiebringe et analogt eller digitalt utgangssignal, og i en oppstilling 108 kan det finnes en kombinasjon av detektorer, f.eks. en kombinasjon av detektortyper og/eller utgangssignaler som nettopp er beskrevet.

I en foretrukket utførelse er detektorene 108a fleraksede detektorer som benytter akselerometre med mikroelektromekaniske systemer (MEMS = micro electromechanical systems). Disse MEMS-detektorer er beskrevet i detalj i US-patentsøknad 09/936 634 som ble innlevert den 12. september 2001, og som er basert på PCT-søknad PCT/US00/07310 som ble innlevert den 17. mars 2000. Hver søknad innlemmes herved ved henvisning i sin helhet i den foreliggende søknad.

Utgangssignalene fra en oppstilling 108 kan omfatte signaler fra individuelle detektorer 108a, eller kan omfatte ett signal pr. detektor. I én utførelse forbehandles signalet eller signalene ved benyttelse av en prosessor (ikke separat vist) i hver datafangstenhet 106a-106b. Dataene overføres deretter til mottakeren 104. Mottakeren 104 er for enkelhets skyld vist som en eneste mottaker. Fagfolk på området vil lett forstå at hvilket som helst antall av mottakere kan være utplassert i praksis for å motta data fra føleroppstillinger 108. Signalene kan behandles i overensstemmelse med den foreliggende utførelse, eller signalene kan behandles på hvilket som helst passende sted i systemet 100, for eksempel i mottakeren 104 eller den sentrale styreenhet 102, idet det benyttes et adaptivt filter ifølge oppfinnelsen.

I én utførelse er koplingene 112 mellom den sentrale styreenhet 102 og mottakeren 104, koplingene 124 mellom mottakeren 104 og DAU-enhetene 106, og mellom hver DAU-enhet og føleroppstillingen 108, og koplingene 122 mellom den sentrale styreenhet 102 og kilden 110, elektrisk ledende tråder 112a og 112b, 122a, 122b, 124a, 124b. Disse koplinger omtales kollektivt som koplinger 112/124, og når det ellers

kreves, vil en individuell kopling bli omtalt ved benyttelse av et respektivt henvisningstall. Trådene som utgjør koplingene 112/124 er valgt for på tilfredsstillende måte å overføre elektrisk effekt og data slik det kreves ved en spesiell anvendelse. Alternativt kan koplingene 112/124 være hvilken som helst kopling som er i stand til å overføre elektrisk effekt og datasignaler. Det er ikke nødvendig at en kopling, for eksempel koplingen 112a, er av samme koplingstype som hvilken som helst annen kopling, f.eks. 112b, langs den komplette signalbane. Eksempler på koplinger kan være hvilken som helst kombinasjon av ledningstråd, radiofrekvens, optisk fiber eller elektromagnetisk kopling. Alternativt og der hvor effekt for øvrig er tilveiebrakt til en spesiell enhet, f.eks. et batteri i mottakeren eller en generator slik som med kilden 110, kan koplingene 112/124 også omfatte en radioforbindelse. I disse alternative utførelser er tranceivere (kombinasjon av mottaker og sender) installert i enhetene som er slik forbundet. Koplingene 112/124 mellom den sentrale styreenhet 102 og mottakeren 104 er vist som stiplede linjer for å illustrere dette punkt.

Idet det henvises til fig. 2, omfatter en utførelse av følerinnretningen 108a et hus 205 som er koplet til et første endedeksel 210, et andre endedeksel 215 og en følermodul 305. Huset 205 er koplet til endedekslene 210 og 215 ved hjelp av koplingsdeler, så som mekaniske festeanordninger 310, 315, 320 og 325.

Tetningsdeler 330a-d tetter grenseflaten mellom huset 205 og det første endedeksel 210, og tetningsdeler 335a-d tetter grenseflaten mellom huset 205 og det andre endedeksel 215. Tetningsdelene 330a-d og 335a-d kan være elastomere ringer som er i stand til å sammenpresses til en forutbestemt stilling for tetning.

Huset 205 omfatter fortrinnsvis et hulrom 340 og en plan flate 345. I én utførelse er huset 205 et metallrør som er fremstilt av høyfaste materialer for å tilveiebringe en robust trykkbeholder.

Følermodulen 305 er understøttet av den plane flate 345 inne i husets 205 hulrom 340 og er koplet til det første endedeksel 210 ved hjelp av en trykt-kretsforbindelse 355.

Idet det henvises til fig. 3, omfatter følermodulen 305 fortrinnsvis følerpakker 405a-c og et substrat 410. Hver følerpakke 405a-c omfatter en tilsvarende følsomhetsakse 415, 420 og 425. Hver følsomhetsakse 415, 420 og 425 er tilnærmet parallell med henholdsvis x-aksen, y-aksen og z-aksen.

Idet det henvises til fig. 4, omfatter en alternativ utførelse av følermodulen 305 følerpakkene 405, et substrat 410 og en monolittisk pakke 1902. Følerpakkene 405 er koplet til den monolittiske pakke 1902. I én utførelse omfatter følermodulen 305 en første følerpakke 405a, en andre følerpakke 405b og en tredje følerpakke 405c. Den første følerpakke 405a omfatter en følsomhetsakse 415. Følsomhetsaksen 415 er tilnærmet parallell med x-aksen. Den første følerpakke 405a er koplet til den monolittiske pakke 1902 for å opprettholde følsomhetsaksen 415 parallell med x-aksen. Den andre følerpakke 405 omfatter en følsomhetsakse 420. Følsomhetsaksen 420 er tilnærmet parallell med y-

aksen. Den andre følerpakke 405b er koplet til den monolittiske pakke 1902 for å opprettholde følsomhetsaksen 420 parallell med y-aksen. Den tredje følerpakke 405c omfatter en følsomhetsakse 425. Følsomhetsaksen 425 er tilnærmet parallell med z-aksen. Den tredje følerpakke 405c er koplet til den monolittiske pakke 1902 for å opprettholde følsomhetsaksen 425 parallell med z-aksen.

Innretningen ifølge oppfinnelsen tilveiebringer et adaptivt filter for fjerning av uønskede signaler, så som jordrulling, forut for signalbehandling. Fig. 5A representerer et konvensjonelt adaptivt filter. Liknende adaptive filtre er blitt benyttet for å fjerne ikke-ensartet fordelt støy, så som maskinstøy, fra seismiske signaler. Et eksempel på denne filteranvendelse er beskrevet US patent 4 890 264 (Crews et al.) En annen anvendelse av det konvensjonelle filter er å fjerne jordrullingsstøy. Et eksempel på denne jordrullingsfilteranvendelse finnes i US patent 4 556 962 (Widrow). Widrow-anordningen benytter et filterinngangssignal $n'(k)$ som er avledet fra enten en separat geofon som benyttes for å detektere jordrulling, eller et signal direkte fra en akustisk kilde. Termen $n'(k)$ representerer en støyinnmating og $x(k)$ er en generisk representasjon av en innmating til det adaptive filter som har et utgangssignal som betegnes som $y(k)$. En andre systeminnmating er et ønsket signal $d(k)$, og det ønskede signal er en kombinasjon av støy $n(k)$ og et akustisk signal $s(k)$ som detekteres av en kjent akustisk føler. Innmatingen $d(k)$ og det adaptive filters inverterte utmating $y(k)$ summeres deretter for å frembringe en utmating $e(k)$ som betegner signalstøy. Feilsignalet $e(k)$ mates deretter tilbake til det adaptive filter for oppdatering av filterutmatingen $y(k)$ for suksessiv databehandling. I dette typiske system oppheves jordrulling ved å summere støyinnmatingen med en middelværdi av signaler fra en oppstilling av geofoner. I hvert tilfelle som er beskrevet, er geofonen en ensrettet detektor.

Fig. 5B viser et adaptivt filter 500 ifølge oppfinnelsen. Det adaptive filter omfatter inngangssignaler fra fleraksede følere som tilveiebringer vertikale og horisontale (eller radiale) komponenter til filteret. Jordrulling oppviser en elliptisk, tilbakegående partikkelbevegelse, hvilket resulterer i at energi ankommer i både vertikale og horisontale komponenter av en trekomponents seismisk detektor, slik som de som er beskrevet foran og vist på fig. 2-4. Den polariserte natur av jordrulling tillater dessuten differensiering mellom jordrulling og andre signaler og/eller støy som også kan korrelere mellom horisontale og vertikale komponenter.

Den problematiske beskaffenhet av jordrulling skriver seg fra dens langsomme hastighet kombinert med store grader av spredning. Disse faktorer kombineres for å gjøre fjerning av jordrulling ved behandling besværlig. Adaptiv filtrering i overensstemmelse med oppfinnelsen tilveiebringer enkeltstående mottakerstasjonsfiltre som benytter korrelasjon mellom komponenter til å identifisere og fjerne støy med ikke-stasjonære filtre.

Når jordrulling har tilstrekkelig amplitude til å bli en bekymring i seismiske data, er den klart synlig i en skuddregistrering som et spredt støytog med høy amplitude og lav frekvens. Det finnes imidlertid også andre bølgetyper, så som rene skjær-refrakterte ankomster og Love-bølger som kan ankomme på nesten samme tid og som er
 5 feilkarakterisert som jordrulling. Filterkonstruksjonen ifølge oppfinnelsen isolerer jordrulling i tid så vel som frekvens forut for filtrering, slik at bare de seismiske data som er klart forurenset med jordrulling, filtreres.

Fig. 5B viser detekterte vertikale data som signal pluss støy $s(k) + n(k)$ som systeminnmating $d(k)$. En radial bølge detekteres og innmates som støysignal $n'(k)$ til
 10 systemets adaptive filter. Ved den foreliggende oppfinnelse foredles filterutmatingen ytterligere ved å frembringe et "vindu" som benytter tidsparametere for å isolere spesielle radiale data. Et valgfritt båndpassfilter (BP) kan benyttes for å innsnevre databåndet. Den inverterte utmating $y(k)$ er således mer presis før summering med $d(k)$. Dette resulterer i en bedre systemfeilutmating $e(k)$ som deretter mates tilbake til det adaptive filter.

15 Differensiering av jordrulling utføres ved å fremvise forskjellige plottinger mellom momentan fase av vertikale og horisontale data fra en eneste trekomponents føler. Det resulterende differanseavsnitt tilveiebringer muligheten for lettvinnt å identifisere den polariserte støy.

Systemet 100 som er beskrevet foran og vist på fig. 1-5B, kan benyttes ved
 20 foretrukne fremgangsmåter ifølge oppfinnelsen. Den akustiske kilde benyttes for å tilføre et akustisk energisignal til jorden. Den akustiske energi vil også generere jordrullingsstøysignaler som vil nå frem til de fleraksede følere ved i hovedsaken samme tidspunkt som akustiske signaler som reflekteres fra en ønsket eller tilsiktet dybde. Den fleraksede detektor omformer de mottatte akustiske signaler til vertikale og horisontale
 25 utgangssignaler. De vertikale og horisontale signaler fra en flerakset detektor 108a overføres til en prosessor som rommes for eksempel i en datafangstenhet. Datafangstenheten omfatter minnelagrede instruksjoner for utførelse av en filtreringsalgoritme som anvendes på de vertikale og horisontale utgangssignaler. Filtreringsalgoritmen er et adaptivt filter ved hjelp av hvilket inngangsstøykoeffisienter
 30 tilpasses basert på skiftende inngangsbetingelser. De innledende filterkoeffisienter kan være lagret i en minneanordning for benyttelse av prosessoren som anvender det adaptive filter. Minneanordningen og prosessoren trenger ikke å være beliggende på samme sted. I én utførelse er prosessoren og minneanordningen beliggende ved den sentrale styreenhet. Alternativt kan koeffisientene være beliggende i en minneanordning i en DAU-enhet eller
 35 på hvilket som helst annet ønsket sted. Likeledes trenger ikke prosessoren å være på den sentrale styreenhet. Prosessoren kan være beliggende på hvilket som helst ønsket sted, f.eks. i en DAU-enhet. Fremgangsmåtene beskrives ytterligere i forbindelse med fig. 6 og 7.

Idet det nå henvises til fig. 6, er det der vist et forløp av en foretrukket fremgangsmåte 600 for anvendelse av et adaptivt filter til å dempe jordreulling fra utvalgte signaler ifølge oppfinnelsen. I en foretrukket utførelse er instruksjonene ifølge den foreliggende fremgangsmåte innholdt i et minne som rommes i det system som er beskrevet foran og vist på fig. 1. Disse instruksjoner utføres av en prosessor i systemet for å fjerne jordreulling fra et vertikalt signal som omfatter ønskede seismiske, reflekterte bølger så vel som jordreulingsstøy.

Slik som beskrevet foran, bestemmes vindusparametere i et trinn 602 ved å benytte signaler som mottas fra de vertikale og horisontale utmatinger fra en flerakset seismisk føler. Parametrene betegner de signaler som har distinktive jordreullingsegenskaper, for eksempel når faseforskjellen mellom det vertikale og det horisontale signal er tilnærmet 90° .

Følerens horisontale utgangssignal overføres til det adaptive filter i et trinn 604, og et valgfritt båndpassfilter anvendes i et trinn 606 for å utvelge et spesielt bånd. Det horisontale signal sammenliknes deretter i et trinn 608 med vindusparametrene, og de frekvenser som oppfyller vindusparameterkriterier, summeres i et trinn 610 med vertikale følersignaler som omfatter jordreulingsstøy. Den resulterende utmating overføres iterativt tilbake til det adaptive filter for ytterligere filtrering, slik at et endelig vertikalt utgangssignal er i det vesentlige fritt for jordreulingsstøy.

Idet det nå henvises til fig. 7, er det der vist en alternativ adaptiv filtreringsmetode 700 ifølge oppfinnelsen. Denne metode/fremgangsmåte er i hovedsaken lik fremgangsmåten ifølge fig. 6, bortsett fra at de vertikale og horisontale følerutgangssignaler er ombyttet. Denne fremgangsmåte tilveiebringer et filtrert horisontalt signal når et slikt ønskes. Vindusparametere bestemmes i et trinn 702 ved å benytte signaler som mottas fra de vertikale og horisontale utmatinger fra en flerakset seismisk føler. Parametrene betegner de signaler som har distinktive jordreullingsegenskaper, for eksempel når faseforskjellen mellom det vertikale og det horisontale signal er tilnærmet 90 grader.

Det vertikale følerutgangssignal overføres til det adaptive filter i et trinn 704, og et valgfritt båndpassfilter anvendes i et trinn 706 for å utvelge et spesielt bånd. Det vertikale signal sammenliknes deretter i et trinn 708 med vindusparametrene, og de frekvenser som oppfyller vindusparameterkriterier, summeres i et trinn 710 med horisontale følersignaler som omfatter jordreulingsstøy. Den resulterende utmating overføres iterativt tilbake til det adaptive filter for ytterligere filtrering, slik at et endelig horisontalt utgangssignal er i hovedsaken fritt for jordreulingsstøy.

Den foregående beskrivelse er rettet på spesielle utførelser av oppfinnelsen med henblikk på illustrasjon og forklaring. Det vil imidlertid være åpenbart for fagfolk på området at mange modifikasjoner og endringer av den utførelse som er angitt foran, er

mulige uten å avvike fra oppfinnelsens ramme. Det er ment at de etterfølgende krav skal tolkes slik at de omfatter alle slike modifikasjoner og endringer.

P a t e n t k r a v

1 Fremgangsmåte for å filtrere seismiske signaler i et seismisk undersøkelsessystem
5 som omfatter følgende trinn:

- a) å motta en akustisk bølge ved å bruke en multiaksial detektor;
- b) å sende fra detektoren et første signal og et andre signal, hvor det første signal og det andre signal angir vertikale og horisontale komponenter av den mottatte akustiske bølgen;
- 10 c) å anvende en adaptiv filteralgoritme på det første signal, hvor det adaptive filter omfatter et tilbakemeldingssignal som angir en utvalgt del av det første signal kombinert med det andre signal;
- d) å bestemme den valgte delen av det første signalet i det minste delvis gjennom å anvende et sett med forutbestemte vindusparametere til en utmating av den
15 adaptive filteralgoritmen,

karakterisert ved at det å bestemme vindusparametere omfatter å velge offsettavhengige anvendelsesvinduer basert i det minste delvis på momentane faseforskjeller mellom vertikale og horisontale komponenter av den akustiske bølgen.

20 2 Fremgangsmåten ifølge krav 1,

karakterisert ved å bestemme den valgte delen av det første signalet i det minste delvis gjennom å anvende et båndfilter på en utmating fra den adaptive filteralgoritme.

3 Fremgangsmåten ifølge krav 2,

25 **karakterisert ved** at båndfilteret er et båndpassfilter.

4 Fremgangsmåten ifølge krav 1,

karakterisert ved at det første signalet og det andre signalet omfatter signaler som har en faseforskjell på omtrent 90 grader.

30 5 Fremgangsmåten ifølge krav 1,

karakterisert ved at det første signalet er et horisontalt signal og det andre signalet er et vertikalt signal.

35 6 Fremgangsmåten ifølge krav 1,

karakterisert ved at algoritmen anvendes til å fjerne jordrulling fra det seismiske signalet.

7 Fremgangsmåten ifølge krav 1,

karakterisert ved at å anvende det adaptive filteret videre omfatter å anvende det adaptive filteret basert i det minste delvis på innledende filterkoeffisienter.

8 Fremgangsmåten ifølge krav 7,

5 **karakterisert ved** å oppdatere innledende filterkoeffisienter når det adaptive filteret anvendes på suksessiv mottatte akustiske bølger.

9 Fremgangsmåten ifølge krav 1,

10 **karakterisert ved** å bruke en MEMS multiaksial detektor for å motta den akustiske bølgen.

10 Anordning for å tilveiebringe filtrerte seismiske signaler, som omfatter:

- 15 a) en multiaksial detektor koblet til bakken for å motta en akustisk bølge, hvor detektoren tilveiebringer en utmating som omfatter et første signal og et andre signal, hvor det første signalet og det andre signalet angir vertikale og horisontale komponenter av den mottatte akustiske bølgen;
- 20 b) en prosessor koblet til detektoren for å motta det første signalet og det andre signalet, hvor nevnte prosessor bearbeider kommandoer for å anvende en adaptiv filteralgoritme på det første signalet, hvor det adaptive filteret omfatter et tilbagemeldingssignal som angir en utvalgt del av det første signalet kombinert med det andre signalet, karakterisert ved at den valgte delen av det første signalet bestemmes i det minste delvis gjennom å anvende et sett med forutbestemte vindusparametere på en utmating fra den adaptive filteralgoritmen,
- 25 **karakterisert ved** at vinduparametrene omfatter offsettavhengige anvendelsesvinduer basert i det minste delvis på momentane faseforskjeller mellom vertikale og horisontale komponenter av den akustiske bølgen.

11 Anordningen ifølge krav 10,

30 **karakterisert ved** at den multiaksiale detektoren omfatter et multiaksial MEMS-akselerometer.

12 Anordningen ifølge krav 10,

karakterisert ved at den omfatter et båndfilter til å filtrere en utmating fra det adaptive filteret.

35

13 Anordningen ifølge krav 12,

karakterisert ved at båndfilteret omfatter et båndpassfilter.

14 Anordningen ifølge krav 10,

karakterisert ved at det første signalet og det andre signalet omfatter signaler som har en faseforskjell på omtrent 90 grader.

15 Anordningen ifølge krav 10,

5 **karakterisert ved** at det første signalet er et horisontalt signal og det andre signalet er et vertikalt signal.

16 Anordningen ifølge krav 10,

10 **karakterisert ved** at den omfatter et anordningsutgangssignal, hvor algoritmen brukes til å fjerne jordreulling fra det seismiske signalet.

17 Anordningen ifølge krav 10,

15 **karakterisert ved** at den videre omfatter en minneanordning som lagrer innledende filterkoeffisienter som brukes i det minste delvis i anvendelsen av det adaptive filteret.

18 Anordningen ifølge krav 17,

20 **karakterisert ved** at prosessoren oppdaterer de innledende filterkoeffisientene når det adaptive filteret anvendes på suksessiv mottatte akustiske bølger.

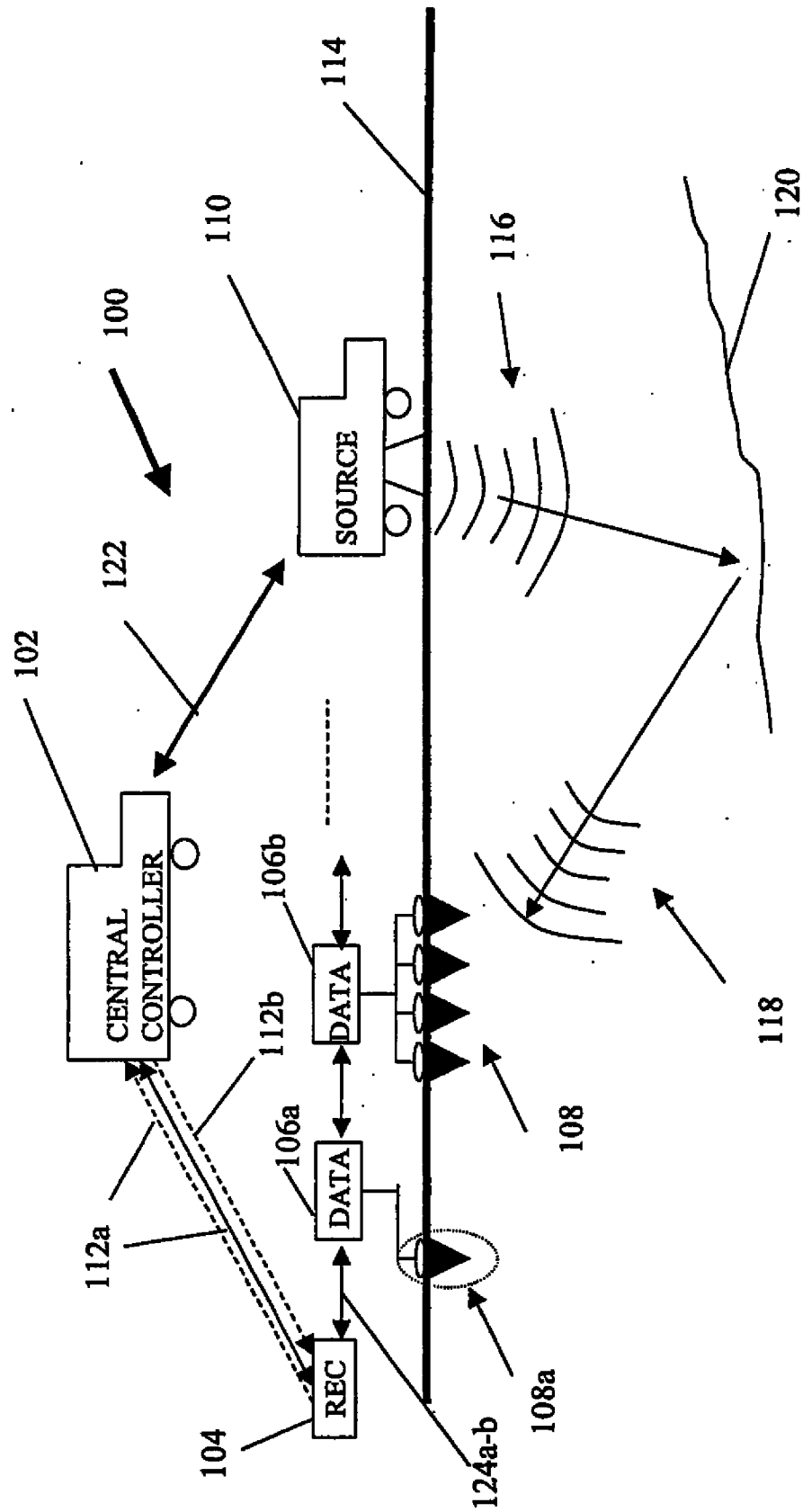


FIGURE 1

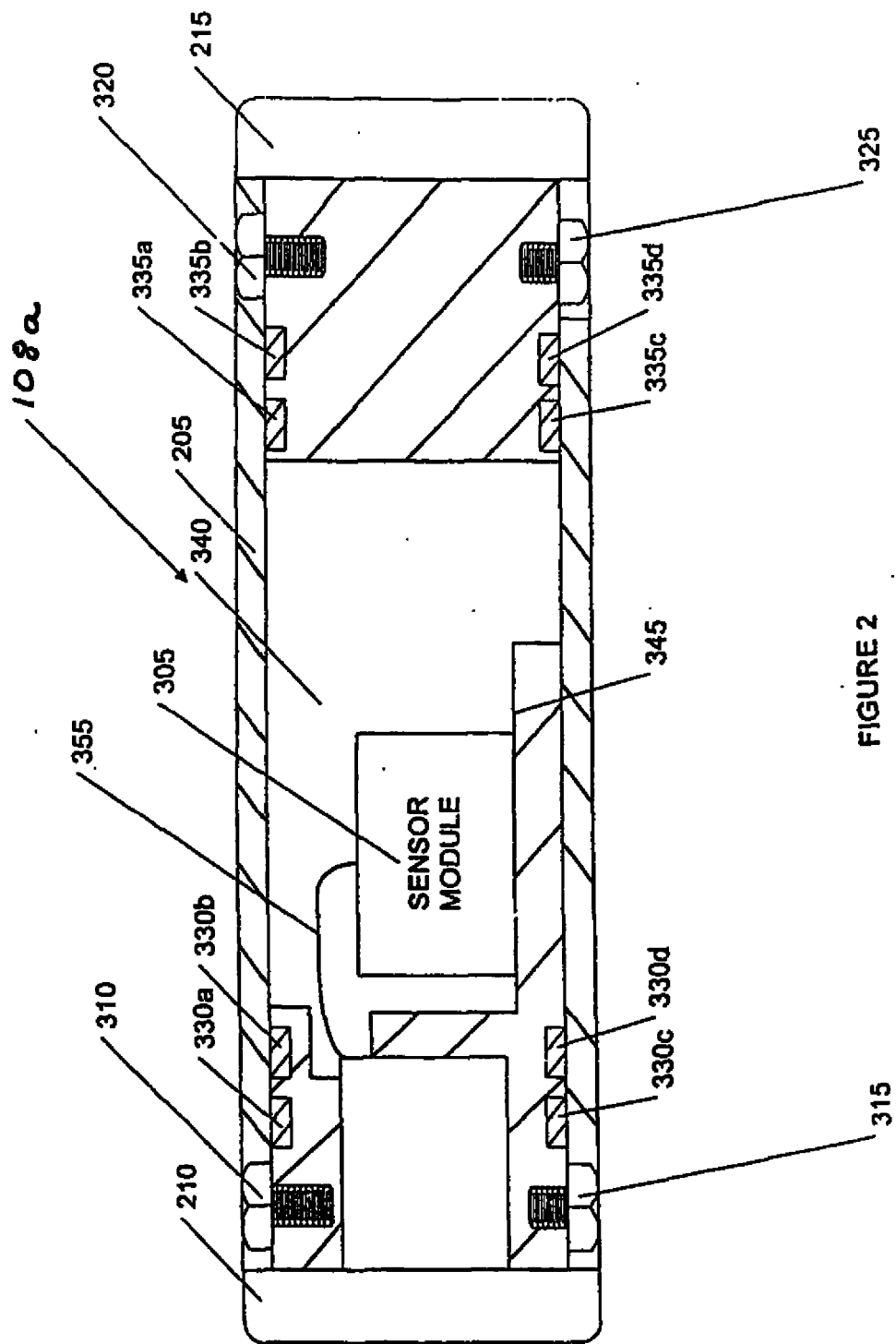


FIGURE 2

3/7

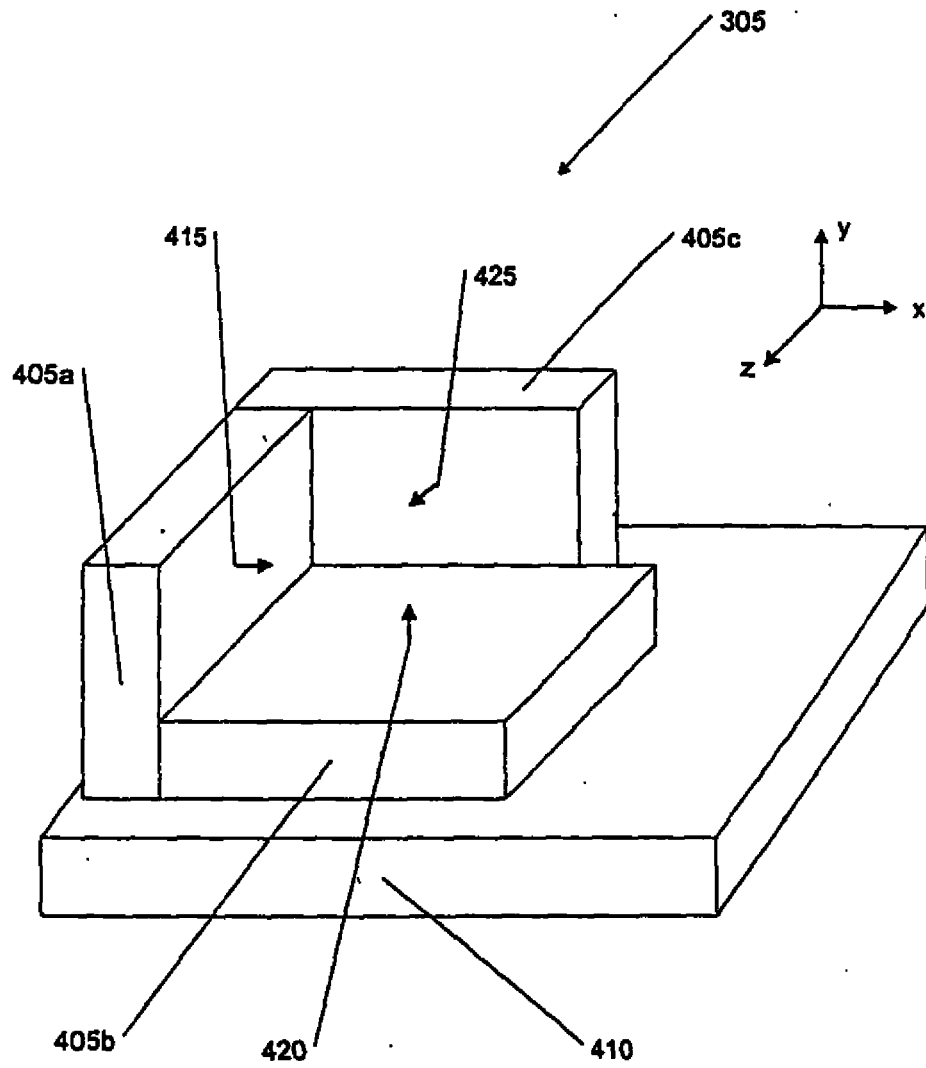


FIGURE 3

4/7

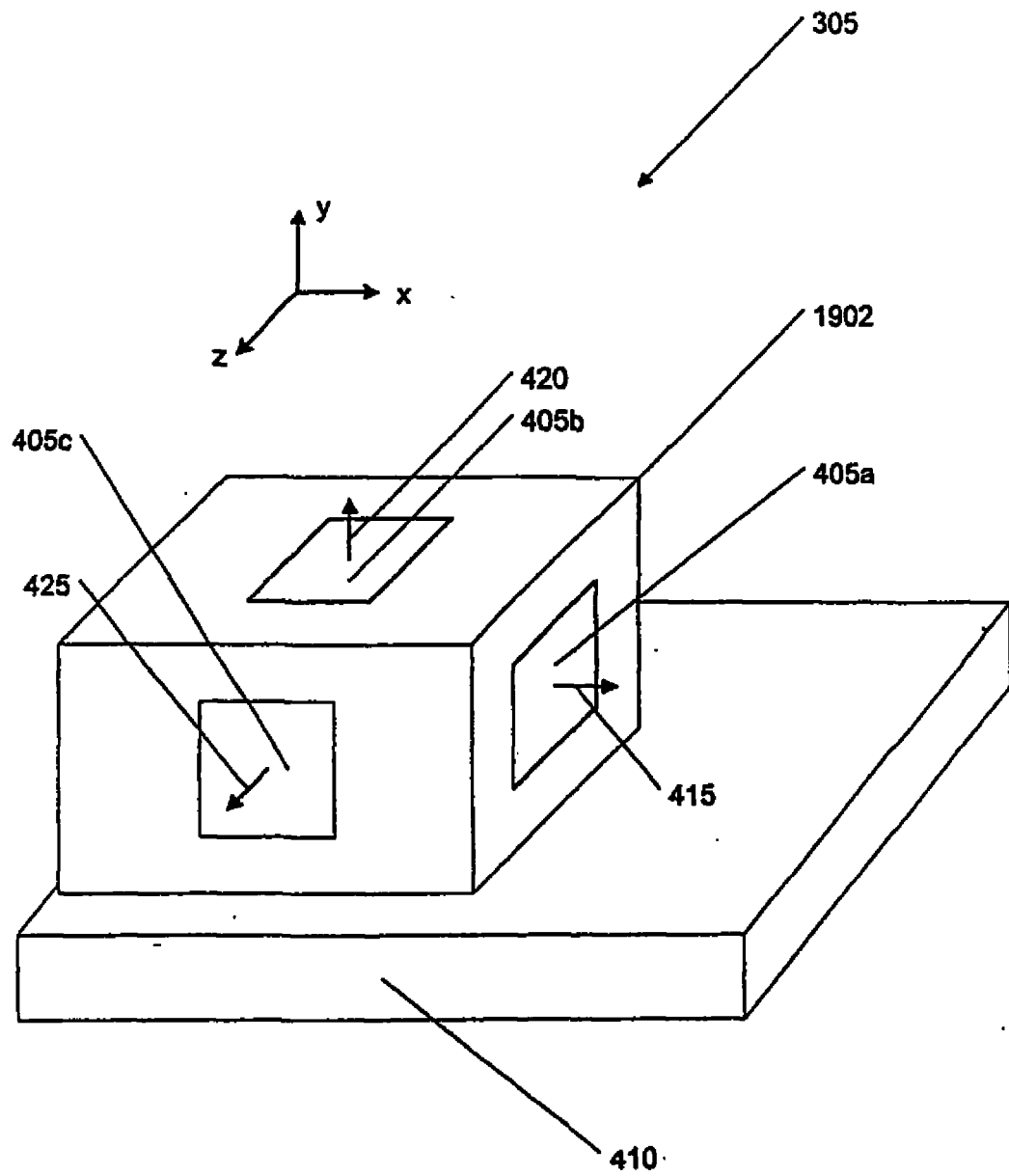


FIGURE 4

5/7

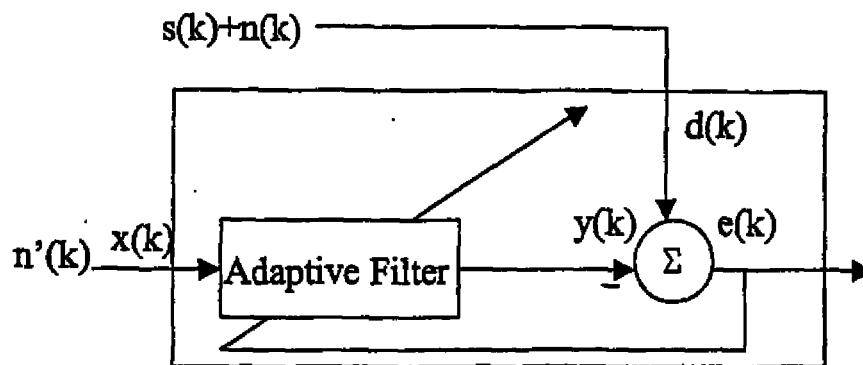


FIGURE 5A
(Prior Art)

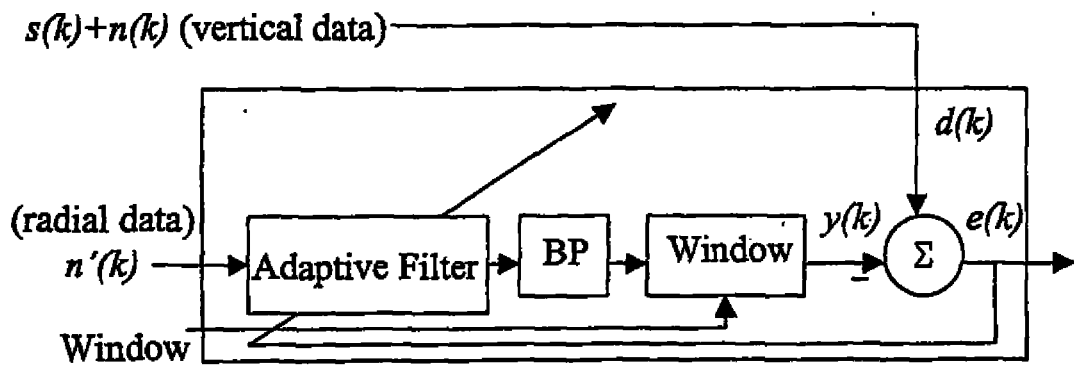


FIGURE 5B

6/7

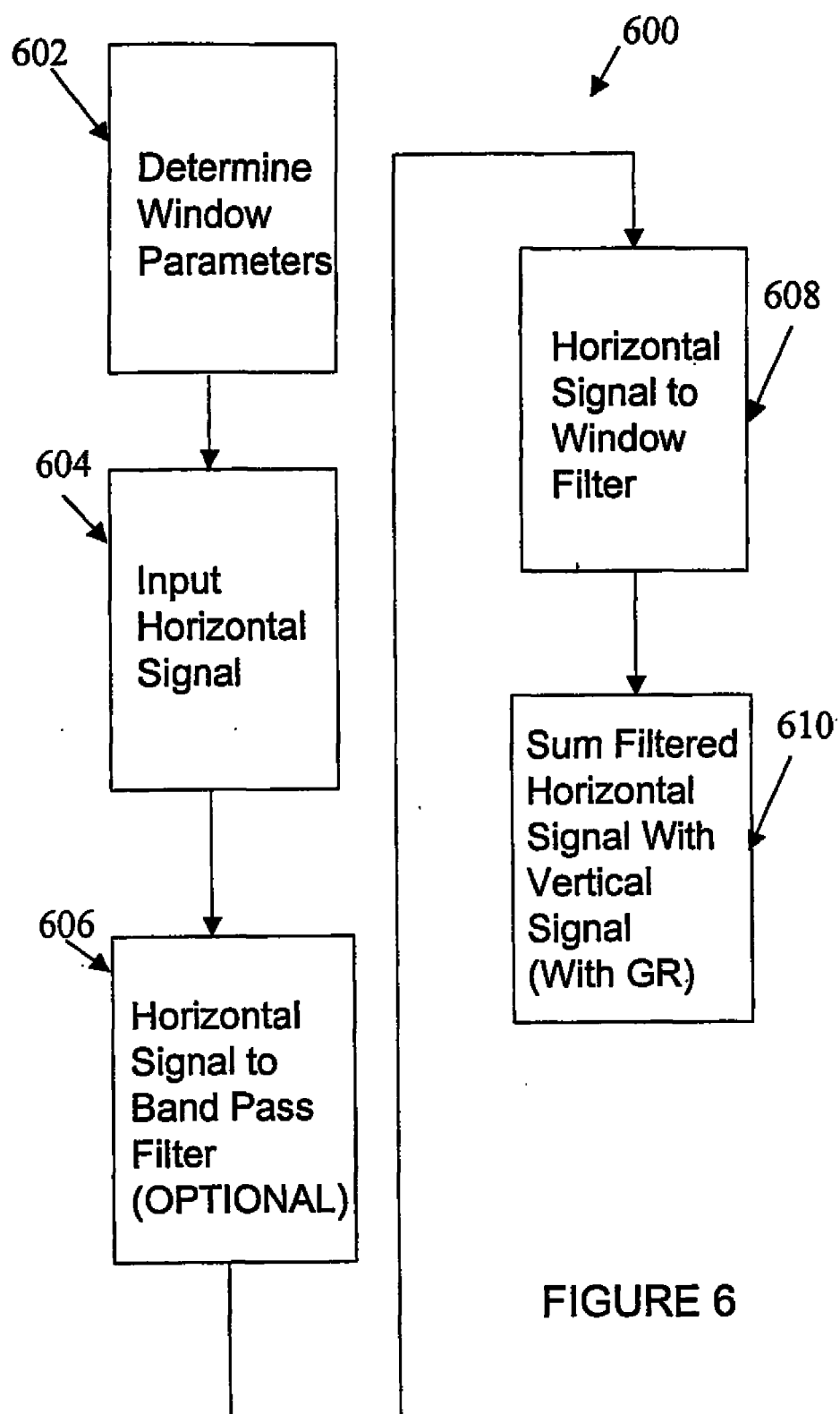


FIGURE 6

717

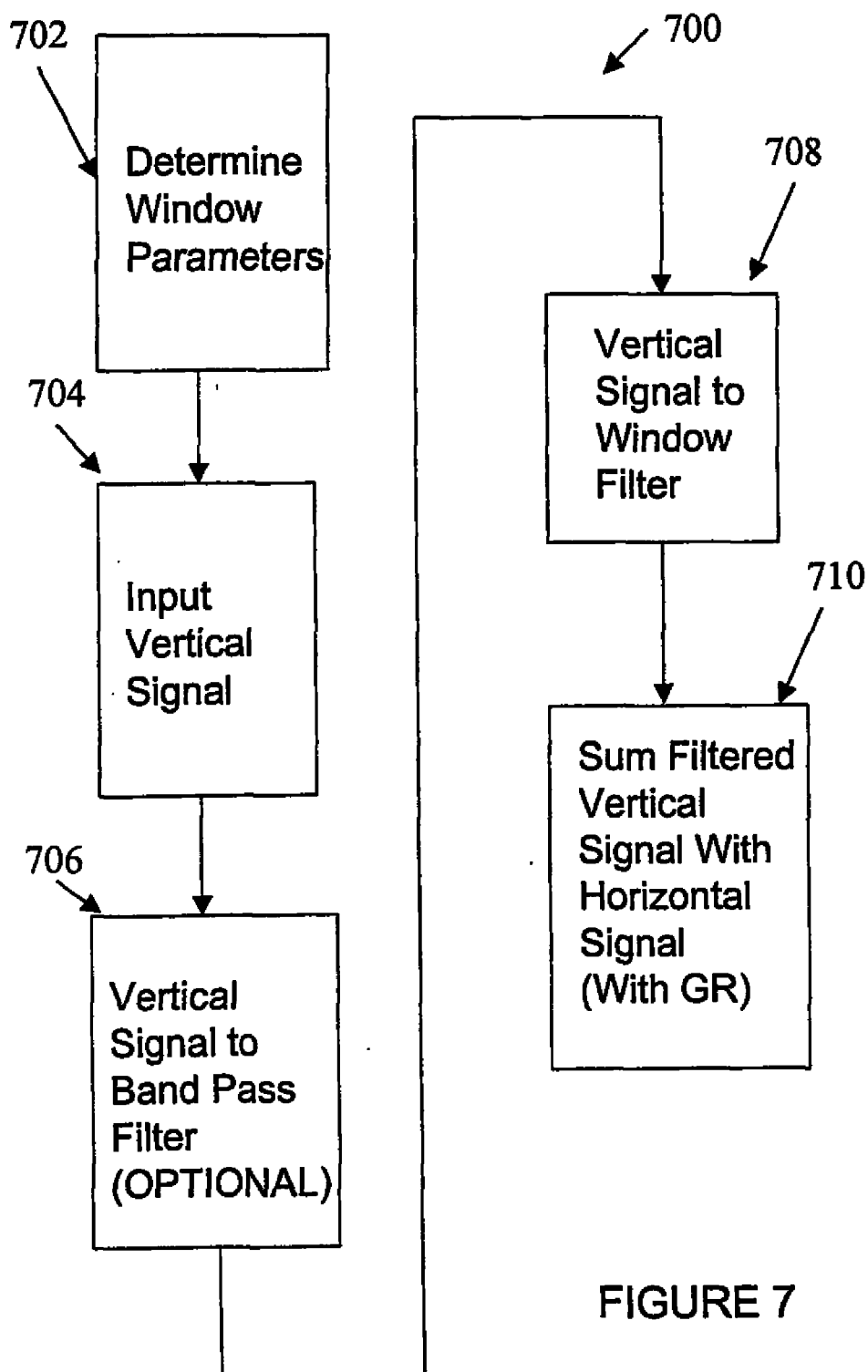


FIGURE 7