



SUOMI – FINLAND
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN



FI000120276B

(12) PATENTTIJULKAISU
PATENTSKRIFT

(10) FI 120276 B

(45) Patenti myönnetty - Patent beviljats

31.08.2009

(51) Kv.lk. - Int.kl.

G01C 17/38 (2006.01)

(21) Patentihakemus - Patentansökning

20075363

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag

21.05.2007

(24) Alkupäivä - Löpdag

21.05.2007

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

22.11.2008

(73) Haltija - Innehavare

1 • **Suunto Oy**, Valimotie 7, 01510 Vantaa, SUOMI - FINLAND, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 • **Martikka, Mikko**, Graniittikuja 2, 01700 Vantaa, SUOMI - FINLAND, (FI)
2 • **Lindman, Erik**, Koulumestarinkuja 2, 02770 Espoo, SUOMI - FINLAND, (FI)

(74) Asiamies - Ombud

Seppo Laine Oy, Itämerenkatu 3 B, 00180 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Kompassilaite ja menetelmä kompassilaitteita varten
Kompassanordning och förfarande för kompassanordningar

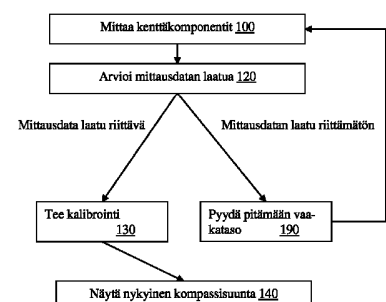
(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

EP 0629877 A1, EP 1553384 A2

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksintö koskee menetelmää kompassisuunnan määrittämiseksi elektronisella kompassilaitteella. Menetelmässä mitataan ulkoisen magneetikentän ainakin kahta kenttäkomponenttia, joista muodostetaan joukko kaksiulotteisia datapisteitä, jotka vastaavat laitteen eri asentoja suhteessa ulkoiseen magneetikenttään, jolloin datapisteiden sijainti koordinaatistossa riippuu maan magneetikentästä ja ympäristön magneettisista häiriöistä. Datapisteistä määritetään vastaako datapistejoukko mittausta, jossa laite on pysynyt ennalta määrätyllä tarkkuudella vaakatasossa, tai laitteen kallistelu suhteessa vaakatasoon havainnoidaan mittauksen aikana ja korjataan datapistejoukko vastaamaan mittausta, jossa laite on pysynyt ennalta määrätyllä tarkkuudella vaakatasossa. Jos datapistejoukko vastaa mittausta, jossa laite on pysynyt ennalta määrätyllä tarkkuudella vaakatasossa tai mainittu datapistejoukon korjaus on suoritettu, määritetään uusi kompassisuunta käyttämällä mainitun datapistejoukon perusteella tehtyä häiriökorjausta. Keksintö saa aikaan käytännöllisen tavan tarkan suunnan näyttämiseksi.

Uppfinningen avser ett förfarande för bestämning av en kompassriktning medelst en elektronisk kompassanordning. Enligt förfarandet mäts åtminstone två fältkomponenter hos ett externt magnetfält, av vilka en mängd tvådimensionella datapunkter bildas, vilka motsvarar anordningens olika lägen i förhållande till det externa magnetfältet, varvid datapunkternas position i ett koordinatsystem är beroende av jordens magnetfält och omgivningens magnetiska störningar. Från datapunkterna bestäms huruvida datapunktmängden motsvarar en mätning, där anordningen med en förutbestämd noggrannhet hållits horisontellt, eller anordningens lutning i förhållande till horisontalplanet observeras under mätningen och datapunktmängden korrigeras att motsvara en mätning, där anordningen med förutbestämd noggrannhet hållits horisontellt. Såvida datapunktmängden motsvarar mätningen, där anordningen med förutbestämd noggrannhet hållits horisontellt eller en korrigerig av den nämnda datapunktmängden utförts, bestäms en ny kompassriktning genom att använda den på basis av nämnda datapunktmängd utförda störningskorrigeringen. Medelst uppfinningen uppnås ett praktiskt sätt att visa en noggrann riktning.



Kompassilaitte ja menetelmä kompassilaitteita varten

Keksintö koskee elektronisen kompassin käsittäviä laitteita, jotka käsittävät elektromagneettiset anturivälitteet ulkoisen magneettikentän ainakin kahden kenttäkomponentin mittaamiseksi ja prosessointiyksikön, joka on sovitettu määrittämään kompassisuunta mitattujen kenttäkomponenttien perusteella, sekä tällaisiin laitteisiin soveltuva menetelmä kompassisuunnan määrittämiseksi. Erityisesti keksintö koskee rannelaitteita, mutta se soveltuu hyvin käytettäväksi myös kiinteissä kohteissa kuten ajoneuvoissa.

10 Elektronisia kompassia käytetään suunnan osoittamiseen esimerkiksi autoissa ja rannetietokoneissa. Tällaisissa kompassissa on tyypillisesti kaksi toisiinsa nähden kohtisuoraa magneettikentän komponenttia havainnoivaa magneettikenttäanturia. Yksi tällainen järjestely on esitetty US-julkaisussa 6817106.

15 Anturit ovat luonnollisesti herkkiä paitsi maan magneettikentälle, myös muille ulkoisille ja laitteesta itsestään lähtöisin oleville magneettikentille. Myös magnetoituvat aineet laitteen läheisyydessä muokkaavat ulkoisia magneettikenttiä, mikä myös voi aiheuttaa vääristymän kompassin lukemaan. Tällaisten häiriötekijöiden takia kompassi täytyy kalibroida ennen varsinaista suunnanmäärittystä jotta sen lukemasta saadaan tarkka. Kalibroinnin tarkoituksena on
20 siis pääasiassa poistaa käyttöympäristöstä johtuvien staattisten häiriötekijöiden vaikutus suunnanmäärittelyyn. Varsinaisessa suunnanmäärittelyssä ongelmana on taas mittauskohina, jota aiheuttaa pääasiassa magneettianturien kallistelu pois vaakatasosta. Tällöin niiden välittämä signaali ei vastaa todellista kompassisuuntaa, vaan tarvitaan menetelmiä tämän kohinan huomioimiseksi. US-julkaisuissa 6356851 ja 2002/0035791 on kuvattu elektronisten kompassien kalibrointiin liittyvää ongelmakenttää sekä joitain menetelmiä itse kalibroinnin suorittamiseksi ajoneuvokompassissa.
25

US-julkaisussa 6356851 esitetty menetelmä perustuu anturilukemien minimien ja maksimien etsimiseen ja algoritmi vaatii, että laitetta liikutetaan siten, että mittaustietoa on saatavilla kaikista eri ilmansuuntia vastaavista ympyrän neljänsiksistä. Tällainen kalibrointi on suhteellisen
30 hidas ja työläs toteuttaa käytännössä, jolloin se soveltuu huonosti esimerkiksi retkeilykäyttöön ja rannelaitteisiin. Menetelmä vaatii toimiakseen luotettavasti myös hyvin puhtaan signaalin.

US-julkaisussa 2002/0035791 esitetty menetelmä perustuu kolmen laitteen eri asentoa vastaavan x,y -pisteparin mittaamiseen ja edelleen yhtälön $x^2+y^2+Ax+By+C=0$ vakioiden A, B ja C ratkaisemiseen mittausten perusteella. Menetelmän yksi haittapuoli on, että mainittujen kolmen pisteparin tulee olla verrattain etäällä toisistaan (eli siten että niiden muodostama kolmio on oleellisesti ei-tylppäkulmainen), jolloin laitetta pitää kiertää suhteellisen paljon onnistuneen kalibroinnin tekemiseksi. Lisäksi menetelmä on matemaattisesti verrattain raskas, eli kuluttaa paljon virtaa. Edellä mainituista syistä johtuen myös vasteajat tulevat tarpeettoman pitkiä.

10 Magneettisensoreiden offset-arvot muuttuvat ajan mukana, jolloin jossain vaiheessa alkupe-
räinen kalibrointi antaa virheellisiä suuntalukemia. Asia korjataan käyttäjän tekemällä kalib-
roinnilla. Tunnetankin joitakin rannetietokoneita, joissa kalibrointi suoritetaan siten, että
käyttäjä, asetettuaan ensin laitteeseen kalibrointitilan, pyörähtää 360 astetta laite kädessään.
Tämän pyörähdyksen aikana kerätystä datasta määritetään magneettisen ympyrän keskipiste,
15 jota käytetään kompassisuunnan laskemiseksi uusien mittausten perusteella, kun laite on
kompassitilassa. Ongelmina tällaisessa menetelmässä on se, että kalibrointi on hidasta ja vai-
valloista sekä se, että jos kalibrointia ei tehdä riittävän usein, laitteen antamiin suuntalukemiin
ei välttämättä voi luottaa.

20 Keksinnön tarkoituksena on saada aikaan käyttäjän kannalta huomaamaton ja luotettava au-
tomaattisella kalibroinnilla varustettu suunnannäyttömenetelmä erityisesti rannetietokoneita
varten sekä vastaava kannettava laite.

Keksinnön tarkoituksena on myös saada aikaan vähän virtaa/laskentatehoa kuluttava laite ja
25 menetelmä kompassisuunnan määrittämiseksi luotettavasti erilaisissa käyttöolosuhteissa. Eri-
tyisesti tarkoituksena on saada aikaan uusi kompassin käsittävä rannetietokone, veneilytieto-
kone tai ajoneuvotietokone, jotka käyttötarkoituksensa vuoksi joutuvat hyvin vaihteleviin
käyttöolosuhteisiin.

30 Keksinnön tarkoituksena on myös saada aikaan kompassilaitte, jonka kalibroiminen on luotet-
tavaa, kun käytettävissä oleva signaali on voimakkaasti epäideaalista, eli sisältää paljon kohi-
naa, ja vastaava menetelmä. Tällaisella sovelluksella on tarvetta erityisesti rannetietokoneissa,
joissa ensisijaisesti avaruudellisesti ”vapaa” käyttöympäristö, mutta myös mm. laitteen koko
ja virrankulutuksen minimointi, asettavat rajoituksia magneettiantureilta saatavan signaalin

määrälle ja laadulle. Avaruudellisesti ”vapaalla” käyttöympäristöllä tarkoitetaan pääasiassa sitä, että kun rannetietokonetta käytetään, poikkeamat vaakatasosta näkyvät mittauskohinana. Niinpä laitteen käytönaikainen kallistelu vaikuttaa heikentävästi signaalin laatuun ja siten vaikeuttaa laitteen kalibrointia ja siten kompassisuunnan määrittämistä onnistuneesti. Kallistelu-
5 lun tuottama kohina on rannelaitteissa pääasiallinen kohinan lähde.

Toisaalta keksinnön tarkoituksena on myös saada aikaan uusi yksinkertaisempi ja nopea kompassilaitte silloin, kun käsiteltävä signaali on hyvälaatuista, eli sen kohinataso on pieni.

10 Keksintö perustuu siihen ajatukseen, että kun kompassia käytetään, sitä kalibroidaan jatkuvasti aina sen mukaan, onko mitattu data riittävän hyvälaatuista kalibroinnin tekemiseksi. Niinpä keksinnön mukaisessa menetelmässä kompassisuunnan määrittämiseksi elektronisella kompassilaitteella

- mitataan ulkoisen magneettikentän ainakin kahta kenttäkomponenttia, joista muodostetaan joukko datapisteitä, jotka vastaavat laitteen eri asentoja suhteessa ulkoiseen magneettikenttään (datapisteiden sijainti koordinaatistossa riippuu maan magneettikentästä ja ympäristön magneettisista häiriöistä),
- määritetään vastaako datapistejoukko mittausta, jossa laite on pysynyt ennalta määrätyllä tarkkuudella vaakatasossa, tai havainnoidaan laitteen kallistelua suhteessa
15 vaakatasoon mittauksen aikana ja korjataan datapistejoukko vastaamaan mittausta, jossa laite on pysynyt ennalta määrätyllä tarkkuudella vaakatasossa,
- jos datapistejoukko vastaa mittausta, jossa laite on pysynyt ennalta määrätyllä tarkkuudella vaakatasossa tai mainittu datapistejoukon korjaus on suoritettu, määritetään ja määritetään uusi kompassisuunta käyttämällä mainitun datapistejoukon perusteella tehtyä kalibrointia.
20
25

Niinpä keksinnön mukaista menetelmää hyödyntävässä laitteessa ei tarvita erillistä kalibrointitilaa ollenkaan, vaan kalibrointi voi tapahtua suunnannäyttötilassa ”lennossa” kun kompassia käytetään jos ennalta määrätyt kompassisignaalin laatukriteerit täyttyvät.

30 Jos laitetta pidetään oleellisesti vaakatasossa datapisteiden keruun aikana, datapisteet sijoituvat karkeasti ympyrän kehälle. Todellinen kompassisuunta määräytyy siitä, mihin kohtaan ympyrän kehällä mitattu datapiste sijoittuu. Ympyrän sijainti koordinaatistossa taas riippuu mm. ulkoisista häiriökentistä. Kompassin kalibrointi tarkoittaakin ensisijassa täl-

laisten kenttien suhteen tehtävää häiriökorjausta. Tässä oletetaan, että magneettiantureiden ortogonalisointi, eli laitteen herkkyysmatriisi, tunnetaan, eli on esimerkiksi määritetty tehtaalla yleensä laitekohtaisesti.

- 5 Edullisen sovellutusmuodon mukaan menetelmä käsittää vaiheen, jossa lasketaan ympyrän keskipisteen sijainti koordinaatistossa. Kompassisuunnan häiriökorjaus tapahtuu tällöin edullisimmin määrittämällä kompassisuunta lasketun keskipisteen ja jonkin mainituista datapisteistä muodostaman vektorin suuntaiseksi. Vaihtoehtoisen sovellutusmuodon mukaan keskipisteen tarkkaa sijaintia ei lasketa ollenkaan, vaan häiriökorjaus tapahtuu päät-
- 10 lemällä suunta datapisteistä ympyrän kehän paikallisen kaareutumissuunnan perusteella. Tämä vaihtoehtoinen sovellutusmuoto on käytettävissä, jos mittausdata on suhteellisen kohinatonta, eli jos laite on esimerkiksi kiinteästi asennettu ajoneuvoon.

- Edullisimmin laite on sovitettu havaitsemaan, jos laitetta kallistellaan liikaa mittauksen aika-
- 15 na, eli jos mittauskohina on niin suurta, että luotettavaa häiriökorjattua suunnanmäärittystä ei voida tehdä. Tällaisessa tapauksessa laite on sovitettu ilmoittamaan tämä käyttäjälle, joka voi toistaa mittauksen pitämällä laite paremmin vaakatasossa. Toisaalta, yhden toisen sovellutusmuodon mukaan tällaisen luotettavuusarvioinnin perusteella valitaan yksi useasta suunnanmäärittämenetelmästä, joiden häiriösietoisuudet poikkeavat toisistaan.

- 20 Erityisen edullisen sovellutusmuodon mukaan prosessointiyksikkö on sovitettu hyväksymään määritetty keskipiste uudeksi keskipisteeksi ainoastaan, jos sen etäisyys aikaisemmin määrittäystä keskipisteestä on pienempi kuin ennalta määrätty maksimietäisyys. Yhden sovellutusmuodon mukaan lasketaan ainakin joidenkin mainittujen datapisteiden etäisyys ympyrän
- 25 keskipisteestä ja verrataan sitä muiden mitattujen datapisteiden etäisyyteen ympyrän keskipisteestä.

- Keksinnön mukainen laite kompassisuunnan näyttämiseksi käsittää elektromagneettiset anturivälineet ulkoisen magneettikentän ainakin kahden kenttäkomponentin mittaamiseksi
- 30 sekä prosessointiyksikön, joka on sovitettu huolehtimaan jatkuvasta automaattisesta kalibroinnista, kuten yllä on kuvattu. Kallistuksen havainnointi voidaan havaita elektromagneettisten anturivälineiden välittämästä datasta tai laitteessa voi olla erilliset välineet kallistuksen havaitsemiseksi.

Edullisen suoritusmuodon mukaan signaalin ollessa hyvälaatuista käytetään kolmen mitatun datapisteen perusteella tehtävää suunnanmääritysmenetelmää, ja signaalin ollessa heikompi-laatuista käytetään neljän datapisteen perusteella tehtävää suunnanmääritysmenetelmää. Nä-mä molemmat suunnanmääritysmenetelmät kuvataan esimerkinomaisesti myöhemmin. Kol-
 5 men datapisteen määrityksen etuna on pienempi virrankulutus ja erittäin lyhyt vasteaika. Nel-jän datapisteen menetelmän etuna on soveltuvuus myös tilanteeseen, jossa kohinataso kasvaa niin suureksi, että kolmen datapisteen menetelmällä tehtävä määritys ei ole enää luotettava. Esimerkinomaisia ja yksityiskohtaisempia toteutus-esimerkkejä kuvataan myöhemmin.

10 Keksinnön avulla saavutetaan huomattavia etuja. Keksinnön avulla kompassin kalibrointi voidaan nimittäin piilottaa käyttäjältä huomaamattomaksi taustatoimenpiteeksi, jota suori-tetaan samalla kun käyttäjä operoi kompassia normaalissa suunnannäyttötilassa. Vain tar-vittaessa, eli kun liikaa mittauksenaikaista kallistelua on havaittu, tai aikaisempaa luotetta-vaa kalibrointidataa ei ole käytössä (esim. kompassitilan käynnistys ensimmäistä kertaa
 15 pitkään aikaan), mittaus joudutaan toistamaan, esimerkiksi samalla pyytäen käyttäjää pitä-mään laitetta paremmin vaakatasossa.

Yleisesti ottaen tässä hakemuksessa kuvatut uudet täsmällisemmin kuvatut menetelmät ja näitä menetelmiä toteuttavat laitteet tarjoavat riittävän kalibrointi- ja/tai suuntainformaati-
 20 on jo pienellä laitteen liikkeellä sekä kohinaisessa että vähäkohinaisessa ympäristössä. Nii-den avulla nimittäin pystytään nopeasti sekä päättämään missä päin magneettista koor-dinaatistoa ollaan että tekemään vaadittava häiriökorjaus tarkan suunnan osoittamiseksi.

Keksinnön sovellutusmuodot tarjoavat huomattavia lisäetuja. Esimerkiksi valitsemalla käy-
 25 tettävä kompassimenetelmä mitatun signaalin laadun mukaan voidaan nimittäin toteuttaa rannelaite, joka soveltuu sekä retkeilykäyttöön että kiinnitettäväksi esim. veneeseen tai muuhun kulkuneuvoon. Esimerkiksi veneessä vaakataso on joskus hyvä mutta joskus kal-listelua on enemmän, jolloin laite valitsee automaattisesti mittausdatan perusteella käytet-tävän kompassimenetelmän minimoiden aina prosessorikuormitusta. Niinpä kokonaisvir-rankulutus saadaan pienemmäksi ja myös laskennan vasteaika, aina olosuhteista riippuen,
 30 mahdollisimman pieneksi. Erityisesti rannelaitteissa on pienet prosessorit ja vasteajoista voi helposti tulla pitkiä, jos suorittimella on paljon yhtäaikaista tehtäviä. Muita laitteen tehtäviä voivat olla esimerkiksi etäantureiden radioliikenteen hoitaminen ja erilaisten las-

kentojen, kuten sukellusdekompressioalgoritmien, liikuntasuorituksen harjoitusvaikutuksen tai kalorikulutuksen suorittaminen.

Seuraavassa keksinnön sovellutusmuotoja selostetaan yksityiskohtaisemmin viittaamalla
5 oheisiin piirustuksiin, joissa

kuviossa 1a esitetään keksinnön yhden sovellutusmuodon mukaiset menetelmävaiheet
vuokaaviona,

kuviossa 1b esitetään menetelmän eteneminen toisen sovellutusmuodon mukaan,

10 kuviossa 2 esitetään kompassin kalibrointiympyrä ja kalibroinnissa käytettävät geometriset
välineet yhden sovellutusmuodon mukaan kohinaisessa ympäristössä, ja

kuviossa 3 esitetään kompassin kalibrointiympyrä ja kalibroinnissa käytettävät geometriset
välineet yhden sovellutusmuodon mukaan kohinattomassa ympäristössä,

15 Kuviossa 1a esitetään esillä olevan menetelmän kulku yhden sovellutusmuodon mukaan.
Vaiheessa 100 mitataan magneettikenttää. Kompassilaite mittaa magneettikentän vaaka-
komponentin suuruuden oikein, ainoastaan jos laitteen magneettianturit (eli yleensä myös
laite) ovat vaakatasossa. Vaiheessa 120 arvioidaan mittausdatan laatua soveltuvin keinoin.
Käytännössä riittävän varma kompassisuunnan määrittäminen saadaan ainoastaan, kun kaksi
20 peräkkäistä antureiden nollakohtien määrittäystä (laitteen kalibrointimittausta) on riittävän
samoja. Mittauksen aikaista laitteen kallistusta, mikä siis aiheuttaa mittauskohinaa, arvioi-
daan tyypillisesti nollakohdan määrittäksen aikaisen vaakavektorin pituuden ja edellisen
mitatun vektorin pituuden eron avulla. Ero kertoo viimeisimmän mittauskohinan luotetta-
vuuden. Jos ero on pienempi kuin raja-arvo, voidaan olettaa, että laite pysyy riittävällä
25 tarkkuudella vaakatasossa.

Viitaten edelleen kuvioon 1a, seuraava esimerkki kuvaa suunnan määrittäystä käytännön
tilanteessa keksinnön avulla (esimerkiksi rannelaite):

1. Käyttäjä aktivoi kompassinäkökyvyn.
- 30 2. Laite hakee pysyväismuististaan edellisen käyttökerran oleelliset parametrit: herk-
kyysmatriisin, keskipistetiedot ja edellisen kalibrointimittauskohdan magneettiken-
tän vaakataso-intensiteetin.

3. Laite mittaa magneettiantureiden lukemat (vaihe 100) ja laskee niiden etäisyyden talletettuun keskipisteeseen (antureiden lukemat, jos magneettikenttää ei ole ollenkaan).
4. Jos mitatun pisteen ja keskipisteen välinen etäisyys eroaa liikaa edellisen kalibroinnin aikaisesta mitasta (vaihe 120), laite kehottaa käyttäjää pitämään laitteen vaakatasossa ja pyörittämään sitä vaakatasossa, esim. 'Keep level, rotate' (vaihe 190).
5. Kun laitetta on pyöritetty riittävästi vaakatasossa, kalibroiminen todetaan (uusi keskipiste, vaihe 130) ja suuntalukemaa aletaan jälleen näyttää (vaihe 140).

10 Lukeman hyvyttä voidaan myös kritisoida talletetun vaakaintensiteetin ja mitatun intensiteetin eron kautta, esimerkiksi laskemalla:

$$FOM \text{ (figure of merit)} = \text{abs}(\text{mitattu-talletettu}) * 100\% / \text{talletettu}$$

Näin saadaan suhteellinen hyvyysluku mittaukselle.

15 Kuviossa 1b, joka kuvaa keksinnön jatkosovellutusmuotoa, vaiheet 10 ja 12 vastaavat kuvion 1a vaiheita 100 ja 120, vastaavasti. Mittausdata laadunarvioinnin 12 jälkeen, jos laatu täyttää ennaltamäärätyn kriteerin, voidaan vaiheessa 16 valita käytettäväksi esimerkiksi alla tarkemmin kuvattavaa kohinattomaan käyttöympäristöön soveltuvaa kompassisuunnan laskentatapaa tai jotakin muuta korkeintaan kolmea mittauspistettä hyödyntävää laskentatapaa (vaihe 18a). Jos taas vaiheessa 12 todetaan, että laitteen kallistelu on suurta, voidaan 20 vaiheessa 16 valita esimerkiksi alla tarkemmin kuvattavaa kohinaiseen käyttöympäristöön soveltuva kompassisuunnan laskentatapa tai jotkin muu ainakin neljää mittauspistettä hyödyntävä laskentatapa (vaihe 18b). Vaihtoehtoisesti, jos todetaan, että laitteen kallistelu on suurta, voidaan käyttäjää pyytää käyttäjää pitämään laite paremmin vaakatasossa soveltu- 25 van visuaalisen tai korvinkuultavan signaalin avulla ja jatkaa mittausdatan keruuta. Vaiheessa 20 laskettu kompassisuunta näytetään käyttäjälle.

Seuraavaksi kuvataan kalibroimista ja suunnanmäärittystä yksityiskohtaisesti kohinaisessa ja vähäkohinaisessa käyttöympäristössä.

30

Kohinainen käyttöympäristö

Kohinaisessa ympäristössä on havaittu, että kalibrointiin tarvittavan kiertoliikkeen pituutta voidaan parhaiten minimoida laitteella, joka käsittää

- elektromagneettiset anturivälineet ulkoisen magneettikentän ainakin kahden kenttäkomponentin mittaamiseksi,
 - prosessointiyksikön, joka on sovitettu muodostamaan mitatuista kenttäkomponenteista origoon sidottuja kaksiulotteisia datapisteitä, jotka sijoittuvat karkeasti ympyrän kehälle aina anturivälineiden ja ulkoisen magneettikentän suhteellisesta asemasta riippuen, ja joka prosessointiyksikkö on edelleen sovitettu määrittämään mainitun ympyrän keskipiste datapisteiden avulla kompassin kalibroimiseksi,
- 5 jolloin prosessointiyksikkö on sovitettu määrittämään ympyrän keskipiste neljän datapisteen avulla laskemalla kahden näiden neljän datapisteen välille sovitettujen segmenttien normaalit ja määrittämällä ympyrän keskipiste normaalien leikkauspisteeseen.
- 10

On nimittäin havaittu, että käyttämällä neljää datapistettä kolmen datapisteen sijaan, laitteesta saadaan huomattavasti vähemmän herkkä kohinan aiheuttamille virheille keskipisteen määrittämisessä. Jos kolmen datapisteen systeemissä se datapiste, joka on yhteinen molemmille segmenteille, kuten esimerkiksi US-julkaisussa 2002/0035791, kohinan takia liikkuu, vaikuttaa se molempien segmenttien suuntiin ja edelleen kertautuvasti määritetyn keskipisteen sijaintiin. Yllä mainitussa julkaisussa uusi keskipiste iteratiivisesti keskiarvoistetaan edellisen keskipisteen kanssa, jotta menetelmästä saadaan luotettavampi, mikä ei ole välttämätöntä tai yleensä edes haluttavaa esillä olevassa menetelmässä.

15

20 Prosessointipiiri on edullisesti sovitettu hyväksymään kaksi datapistettä segmentin päätepisteiksi ainoastaan, jos niiden etäisyys toisistaan on suurempi kuin ennalta määrätty minimietäisyys, joka tyypillisessä sovelluksessa on välillä $\text{ympyrän säde}/5 \dots \text{ympyrän säde}$. Tällä saavutetaan se etu, että kohinan vaikutus segmentin (ja siten myös sen normaalin) suuntaan pienenee. Esimerkiksi päätepisteet, joiden etäisyys toisistaan on noin $\text{ympyrän säde}/2$, tarjoavat esillä olevan menetelmälle riittävän määritystarkkuuden lähes kaikissa käytännön sovelluksissa. Esillä oleva menetelmä mahdollistaakin päätepisteiden etäisyyden pitämisen hyvin pienellä etäisyydellä toisistaan menetelmän suuntatarkkuuden kärsimättä kohtuuttomasti, mikä säästää laskentatehoa (antureiden ”päälläoloaika”) ja lisää käyttäjäystävällisyyttä (pieni kierto ja nopea mittaus).

25

30

Edelleen prosessointipiiri on edullisesti sovitettu hyväksymään segmentit keskipisteen määrittäykseen ainoastaan, jos niiden määräämien suuntien välinen kulma on suurempi kuin ennalta määrätty minimikulma, edullisesti ainakin noin 35 astetta, esimerkiksi 37 – 143 astetta (kul-

man kosini $< 0,8$). Tällä saavutetaan se etu, että kohinan tuottama virhe segmenttien suuntiin ei näy herkästi keskipisteen määrittämisessä.

5 Edullisesti prosessointipiiri on sovitettu sovittamaan mainitut segmentit aina peräkkäisten datapisteiden välille, eli siten, että segmentit eivät risteä.

10 Erityisen edullisen sovellusmuodon mukaan prosessointiyksikkö on sovitettu hyväksymään määritetty keskipiste uudeksi keskipisteeksi ainoastaan, jos sen etäisyys aikaisemmin määrittämisestä keskipisteestä on pienempi kuin ennalta määrätty maksimietäisyys, edullisesti vähemmän kuin noin ympyrän säde/10.

15 Tyypillisesti laite on sovitettu käyttämään määritettyä keskipistettä ja elektromagneettisilta anturivälineiltä saatavaa uutta kenttäkomponenttien mittaustulosta edelleen kompassisuunnan osoittamiseksi laitteen käyttäjälle. Tämä on tavallinen sovellutus ainakin rannelaitteissa, joita voi niin ollen käyttää suunnistamiseen esimerkiksi retkeilykäytössä (vrt. esim. black box-tyyppiset ratkaisut, jotka ainoastaan keräävät suuntainformaatiota). Viitaten kuvioon 4, rannelaitteessa 40 on keskusmoduuli 44, joka sisältää magneettianturit 42a ja 42b ja prosessointiyksikön 43, ja tähän liitetty rannehihna 45. Keskusmoduuli käsittää lisäksi näyttötaulun 41, jossa on välineet kompassisuunnan visuaaliseksi ilmoittamiseksi, tyypillisesti LCD/TFT-näyttö tai
20 vastaava.

25 Edullisesti laite on sovitettu osoittamaan kompassisuunta laitteen käyttäjälle ainoastaan, jos uusi kenttäkomponenttien mittaustulos vastaa datapistettä, jonka etäisyys ympyrän keskipisteestä on välillä aikaisemmin määritetyn datapisteen etäisyys ympyrän keskipisteestä miinus ennalta määrätty maksimietäisyys ... aikaisemmin määritetyn datapisteen etäisyys ympyrän keskipisteestä plus ennalta määrätty maksimietäisyys. Toisaalta, kompassisuunnan lisäksi laite voi olla sovitettu osoittamaan käyttäjälle myös määritetyn kompassisuunnan luotettavuus, mikä voi täydentää, tai mikä voi jopa korvata edellä mainitun etäisyyskriteerin käyttämisen. Luotettavuutta voidaan arvioida keskipisteen määrittämisessä käytettyjen kenttäkomponenttien mittaustuloksia ja/tai uusien kenttäkomponenttien mittaustulosta vastaavien datapisteiden keskipisteestä mitattujen etäisyyksien vaihtelujen perusteella tai esimerkiksi kenttäkomponenttien mittauksen signaali/kohinatason mukaan.
30

Yhden sovellusmuodon mukaan keksintö toteutetaan kohinaisessa toiminta ympäristössä, kuten rannetietokoneessa, käytännössä seuraavan kuvauksen mukaisesti.

Laitteen herkkyysmatriisi S , eli magneettiantureiden vahvistus- ja ristiherkkyystekijät, kun
 5 laitetta pyöritetään vaakatasossa, on yleensä määritetty jo tehtaalla (ns. tehdaskalibrointi), joten se oletetaan tässä tunnetuksi. Laitteen muistiin on siis syötetty itse laitteen ja sen magneettianturien aiheuttamat vääristymät mittaauksissa (sekä myös mahdollisesti maantieteellisen pohjoissuunnan korjaus, eli deklinaatio). Niinpä kutakin mittaustulosta (m_x, m_y) vastaa aina yksi piste $(x, y) = S(m_x, m_y)$, josta kyseiset vääristymät on poistettu. Muodostuu
 10 siis ympyrä $R^2 = (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2$, missä R on ympyrän säde ja (x_0, y_0) on ympyrän keskipiste. Samoin edullisesti oletetaan, että ainakaan ristiherkkyystekijät eivät oleellisesti muutu käytön aikana.

Kalibroinnin suorittamiseksi laitteen käyttäjän on liikutettava laitetta vaakatasoon nähden
 15 kohtisuoran suunnan ympäri, eli siten, että laitteen magneettianturit havaitsevat muutoksen mitatussa maan magneettikentän voimakkuudessa. Edullisimmin aktiivisesti tarkkaillaan, että magneettianturien lukemien etäisyys magneettisen ympyräkuvion keskipisteestä pysyy riittävällä tarkkuudella vakiona, jolloin voidaan päätellä laitteen olevan vaakatasossa (maan magneettikentän vaakasuoran komponentin voimakkuus ei muutu). Edelleen, vain
 20 ne lukemat hyväksytään, jotka on riittävällä varmuudella todennettu tapahtuneen laitteen vaakasuorassa asennossa.

Viitaten nyt kuvioon 2, joka havainnollistaa kalibrointia kohinaisen signaalin tapauksessa, magneettisen ympyräkuvion keskipistettä etsitään kahden segmentin puolittajien leikkauspiste
 25 teen avulla. Täsmällisemmin kuvattuna kaksi ympyrän kehällä sijaitsevaa erillistä pistettä muodostavat ympyrän segmentin. Segmenttiä kohtisuorassa oleva ja segmentin keskipisteen kautta kulkeva suora on ympyrän säteen suuntainen eli näin valittu suora kulkee myös ympyrän keskipisteen kautta. Kun valitaan ympyrän kehältä kaksi muuta pistettä saadaan toinen ympyrän keskipisteen kautta kulkeva suora. Näiden kahden suoran leikkauspiste on ympyrän
 30 keskipiste.

Tällöin esillä oleva menetelmä toteutetaankin edullisen suoritusmuodon mukaan siten, että

- mitataan magneettikentän voimakkuus neljässä pisteessä, jotka muodostavat kaksi pisteparia, eli ensimmäisen pisteparin $(x_1, y_1) = S(mx_1, my_1)$ ja $(x_2, y_2) = S(mx_2, my_2)$ sekä toisen pisteparin $(x_3, y_3) = S(mx_3, my_3)$ ja $(x_4, y_4) = S(mx_4, my_4)$,
- tarkistetaan, että ensimmäisen ja vastaavasti toisen pisteparin pisteiden etäisyys toisistaan on suurempi kuin ennalta määritetty minimietäisyys,
- lasketaan ensimmäisen ja vastaavasti toisen pisteparin pisteitä yhdistävien janojen (ensimmäinen ja toinen segmentti) normaalien kulmakertoimet (ensimmäinen ja toinen kulmakerroin, vastaavat kahta ympyrän (x, y) sädettä) ja
- jos ensimmäinen kulmakerroin ja toinen kulmakerroin poikkeavat toisistaan ennalta määritettyä minimiarvoa enemmän, lasketaan näiden leikkauspisteen avulla uusi ympyrän (x, y) keskipiste (x_0, y_0) .

Janojen normaalien kulmakertoimien vertailu voidaan luonnollisesti korvata myös itse janojen kulmakertoimien vertailulla, joka johtaa samaan lopputulokseen.

- Edelleen, uusi laskettu ympyrän keskipiste (x_0, y_0) voidaan hyväksyä uudeksi keskipisteeksi vain, jos tämä on riittävän lähellä edellistä keskipisteen arvoa.

- Kun kalibrointia käytetään edelleen suunnan näyttämiseen laitteen näytöllä tai vastaavalla, menetelmän luotettavuutta voidaan parantaa edelleen siten, että mitattu suunta näytetään laitteen käyttäjälle ainoastaan jos

- mitattua suuntaa vastaava piste (x_s, y_s) on lähes samalla etäisyydellä keskipisteestä kuin muut mitatut pisteet tai kalibroinnissa käytetyt pisteet (x_n, y_n) , ja/tai
- suunnan kanssa ilmoitetaan määritetyn suunnan luotettavuus.

- Suunnan luotettavuutta voidaan arvioida esimerkiksi mittaamalla signaalin kohinatasoa tai arvioimalla mittauksen todenmukaisuutta edellisten mittausten perusteella.

- Samalla kun laitetta kalibroidaan, lasketaan edullisesti myös kompassisuuntaa käyttäjälle näyttämistä varten (yhdistetty kalibrointi-kompassitoiminto yhdessä toimintamoodissa). Edullisena pidetyn suoritusmuodon mukaan, tarkkaillaan samalla uuden suuntavektorin pituuden eroa edellisen keskipisteen valinnan aikaisen suuntavektorin pituuteen. Jos ero on liian suuri, käyttäjää informoidaan tästä esimerkiksi laitteen näytöllä näkyvällä indikaattorilla ja suuntaa ei välttämättä tällöin näytetä.

Kokeissa on havaittu, että 20 % kohinatasolla (mitattuna datapisteiden etäisyyksistä keskipisteeseen) esillä oleva menetelmä voi tarjota jopa ± 3 asteen suuntatarkkuuden.

5 Kohinaton tai vähäkohinainen käyttöympäristö

Kohinattomassa ympäristössä on taas havaittu, että kompassisuunta voidaan luotettavasti määrittää jopa differentiaalisen pienen kierto liikkeen avulla jopa ilman kalibrointiympyrän keskipisteen määrittystä. Tämä saadaan aikaan siten, että laite käsittää

- elektromagneettiset anturivälineet ulkoisen magneettikentän ainakin kahden kenttäkomponentin mittaamiseksi, ja
 - prosessointiyksikön, joka on sovitettu muodostamaan mitatuista kenttäkomponenteista origoon sidottuja kaksiulotteisia datapisteitä, jotka sijoittuvat karkeasti ympyrän kehälle aina anturivälineiden ja ulkoisen magneettikentän suhteellisesta asemasta riippuen,
- jolloin prosessointipiiri on sovitettu laskemaan kompassisuunta kolmen datapisteen avulla päättelämällä ympyrän kehän kaareutumissuunta paikallisesti datapisteistä ja edelleen sitä kautta todellinen kompassisuunta. Edullisimmin tämä tehdään määrittämällä kahden datapisteen välille sovitetun segmentin normaalin suunta ja edelleen määrittämällä kolmen datapisteen järjestyksen ja niiden välille viritettyjen vektorien keskinäisen aseman perusteella, esimerkiksi käyttämällä vektorien välistä piste- tai ristituloa, laitteen asento suhteessa ulkoiseen magneettikenttään kompassisuunnan määrittämiseksi.

Tällainen menetelmä tarjoaa mahdollisuuden määrittää kompassisuunta jopa ilman elektronisten kompassien kalibroinnissa yleisesti käytettyä keskipisteen määrittystä. Lisäksi, määrittys voidaan tehdä jopa differentiaalisen pienistä muutoksista laitteen asennossa. On havaittu, että kokonaislukulaskentaa käyttämällä (ympyräkuvion säde 1000 yksikköä) mittaus alle 2 asteen tarkkuudella voidaan suorittaa jopa alle 2 asteen kokonaiskiertymästä, kun kohinataso on alle noin 1%. Liukulukulaskennassa ideaalisella datalla pätee, että mitä pienempi kierto, sen parempi tarkkuus ja sen avulla menetelmän tarkkuutta voidaan edelleen parantaa. Yleisesti sanottuna määrittys voidaan tehdä datapisteiden avulla, joiden muodostama kolmio on hyvin tylppäkulmainen (esim. yksi kulma 135 astetta tai suurempi), mutta kuten yllä on kuvattu, tyypillisesti jo huomattavasti pienempi laitteen kierto riittää.

Viitaten nyt kuvioon 3, jos mitattu signaali on suhteellisen kohinatointa (laite pidetään hyvällä tarkkuudella vaakatasossa), niin suunnan määrittämiseksi riittävät differentiaalisen pienet muutokset laitteen asennossa. Tällaisessa ideaalissa tapauksessa ei tarvitse määrittää edes ympyrän keskipistettä, vaan riittää kun tarkastellaan kolmea peräkkäistä mittaustulosta

5 (x_1, y_1) , (x_2, y_2) ja (x_3, y_3) . Oletetaan, että nämä mittaustulokset syntyvät pyöritettäessä laitetta mittausten aikana samaan suuntaan. Tällöin reunimmaisten mittauspisteiden (x_1, y_1) ja (x_3, y_3) määrittämän segmentin normaali määrittää ympyrän halkaisijan suuntaisen suoran. Tämän jälkeen käytetään menetelmää, joka kertoo vektorien $a=(x_1, y_1) \rightarrow (x_2, y_2)$ ja $b=(x_2, y_2) \rightarrow (x_3, y_3)$ muodostaman kuvion kaarevuuden suunnan kompassisuunnan ja/tai keskipisteen

10 paikan selvittämiseksi. Tällainen menetelmä voi olla esimerkiksi vektorien a ja b pistetulon laskeminen, jolloin tämän etumerkki kertoo kumpaan halkaisijan määräämään suuntaan laite on mittauksen aikana osoittanut, ja siten keskipisteen paikan. Kuten alan asiantuntija ymmärtää, myös muita matemaattisia apuvälineitä ja menetelmiä voidaan käyttää. Esimerkkinä vaihtoehdoisesta tavasta annetaan rotaatiosuunnan määrittäminen ristitulon avulla. Lopullinen

15 suunta saadaan tällöin selville esimerkiksi siten, että aina riippuen ristitulon $(a \times b)$ pystykomponentin etumerkistä lisätään/vähennetään 90 astetta viimeisimmän mittausvektorin (vektori b) suunnasta.

Kuten kuvioista 3 käy ilmi prosessointiyksikkö on edullisesti sovitettu sovitettavaan mainittu

20 segmentti kahden uloimman, eli järjestyksessä mainituista kolmesta datapisteestä ensimmäisen ja viimeisen, datapisteen välille. Tämä minimoi kohinan vaikutuksen segmentin suuntaan.

Edelleen kuvioista 3 käy ilmi, että prosessointiyksikkö on edullisesti sovitettu laskemaan vektorien välinen ristitulo laitteen asennon määrittämiseksi suhteessa ulkoiseen magneettikenttään siten, että vektorit on viritetty keräämisjärjestyksessä ensimmäisen ja toisen ja vastaavasti

25 toisen ja kolmannen datapisteen välille.

Laite on myös edullisesti sovitettu osoittamaan kompassisuunta laitteen käyttäjälle. Kuten kohinaisessakin tapauksessa, myös tässä sovelluksessa laite voi olla sovitettu osoittamaan

30 käyttäjälle myös määritetyn kompassisuunnan luotettavuus esimerkiksi kenttäkomponenttien mittauksen signaali/kohinatason mukaan.

Tässäkin sovelluksessa tyypillisesti hyödynnetään laitteelle tehtyä tehdaskalibrointia.

Laitteissa, jotka käytössä voidaan lukita oleellisesti vaakatasoon, esimerkiksi ajoneuvokompasseissa, voidaan yllä kuvattua kolmen pisteen mittausta käyttää jopa ilman kallistuman havainnointia tai määrittystä.

5 Esimerkki (kolmen pisteen mittaus)

Kolmen pisteen tapauksessa suunta voidaan määrittää näin:

- Oletetaan, että on mitattu kolme peräkkäistä pistettä samaan suuntaan kiertävästä liikkeestä: pisteet $p_1 = (x_1, y_1)$, $p_2 = (x_2, y_2)$ ja $p_3 = (x_3, y_3)$.
- 10 – Muodostetaan vektorit

$$a = (x_3 - x_2)i + (y_3 - y_2)j + 0k$$
 ja

$$b = (x_2 - x_1)i + (y_2 - y_1)j + 0k.$$
 (i, j ja k ovat ortogonaalisen (x, y, z) -koordinaatiston yksikkövektoreita).
- Lasketaan vektorin a suunta k :
- 15
$$k = \arctan\left(\frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2}\right).$$
- Ristitulon $c = a \times b$ z -komponentti on

$$z = (x_3 - x_2)(y_2 - y_1) - (y_3 - y_2)(x_2 - x_1).$$
- Jos $z > 0$, niin lisätään laskettuun suuntaan k 90 astetta. Jos $z < 0$, vähennetään suunnasta k 90 astetta. (+ myötäpäivään, - vastapäivään).

20

Suunta k on määritetty jälkimmäisestä segmentistä siksi, että se on lähempänä tämänhetkistä oikeaa suuntaa.

25 Kohinainen käyttöympäristö + kallistuskompensointi

- Yhden edullisen sovellutusmuodon mukaan myös lähtökohtaisesti kohinaisessa käyttöympäristössä (esim. rannelaitteet) sovelletaan yllä kuvattua kohinattomaan käyttöympäristöön suunniteltua menetelmää. Tämä saadaan aikaan siten, että laitteessa, jossa menetelmää toteutetaan, on välineet kallistuksen mittaamiseksi (esim. painovoiman suuntaa mittaava anturi).
- 30 Mitatun kallistuksen avulla voidaan mitatusta magneettisesta datasta kompensoida kallistuskohina pois, minkä jälkeen voidaan soveltaa kolmen pisteen suunnanmäärittämenetelmää. Kallistuman mittaus voidaan toki huomioida myös muissa laskennan vaiheissa.

Esimerkki (kallistuskompensointi)

1. Magneettiset mittaukset

Hae magneettiantureilta raakadata m1 ja m2.

5 2. Ortogonalisointi

Jos laitetta pyöritetään horisontaalitasossa, raakadata vastaa kallistettua ellipsiä. Tämän muuntamiseksi ympyräksi tarvitaan herkkyysmatriisia. If device is rotated in horizontal plane, resulting data set represents a tilted ellipse. 2D-tapauksessa herkkyysmatriisi on

$$10 \quad S = \begin{bmatrix} m_{xx} & m_{yx} \\ m_{xy} & m_{yy} \end{bmatrix}$$

Seuraavissa laskelmissa käytetyt arvot ovat $\text{vecMeas} = [x \ y] = [m1 \ m2] * S$ (tai $[x \ y]' = S' * [m1 \ m2]'$).

15 3. Kallistuskompensointi

Jos anturitason kallistusarvot on mitattu, voidaan laskea vektorin vecMeas kallistumaton projektio. Tätä varten tarvitaan kallistuskulmat kallitus y (kello 12 - suunnassa) ja kallistus x (kello 3 suunnassa). Ilman z-mittausta täytyy tietää magneettikentän pystykomponentti Mz . Kallistuskompensoidut arvot ovat

$$20 \quad y = G * (m1 * \cosd(a) + m2 * \sind(a) * \sind(b) - Mz * \sind(b)) \text{ ja} \\ x = G * (- m2 * \cosd(b) + Mz * \sind(a) * \cosd(b)),$$

jossa

$$G = -1 / \cosd(a) / \cosd(b),$$

a = kallitus y, ja

$$25 \quad b = \text{asind}(\sind(\text{kallistus x}) / \cosd(a)).$$

4. xo ja yo arvojen offset (ympyrän keskipiste, autokalibrointi)

Offset-arvot lasketaan uudestaan tavallisessa kompassitilassa. Kalibrointi tässä tapauksessa tehdään pisteiden avulla, jotka määrittävät kaksi segmenttiä. Nämä määrittävät kaksi sädettä, jotka leikkaavat toisensa offset-pisteessä.

30 5. Mz-arvo

On järkevää olettaa, että magneettikenttä ei muutu paikallisesti mittausten aikana. Niinpä voidaan vaatia, että

$$(x1-xo)^2 + (y1-yo)^2 = (x2-xo)^2 + (y2-yo)^2$$

Tästä yhteydestä saadaan kaksi kandidaattia Mz :lle: $Mz+$ and $Mz-$. (2. kertaluvun polynomiyhtälön Ax^2+Bx+C juuret ovat $x = (-B \pm \sqrt{B^2-4AC})/2A$). Oikea arvo on se, joka näkyy kaikissa tuloksissa.

6. Kompassisuunta

5 Kompassisuunta (d) lasketaan seuraavasti

$$d = \arctan2(y-y_0, x_0-x).$$

10 Mikäli kyseessä on tavallinen 2D-kompassi (ilman kallistumamittausta), vaiheet 1, 2, 4, ja 6 pätevät. Niinpä tämän esimerkin opetukset ovat näiltä osin sovellettavissa myös yllä kuvattuihin sovellutusmuotoihin.

Keksintö ei rajoitu yllä kuvattuihin sovellutusmuotoihin, vaan sitä on tulkittava oheisten patenttivaatimusten täydessä laajuudessa.

Patenttivaatimukset:

1. Menetelmä kompassisuunnan määrittämiseksi elektronisella kompassilaitteella, jossa menetelmässä
 - 5 – mitataan ulkoisen magneettikentän ainakin kahta kenttäkomponenttia, joista muodostetaan joukko datapisteitä, jotka vastaavat laitteen eri asentoja suhteessa ulkoiseen magneettikenttään,
 - määritetään vastaako datapistejoukko mittausta, jossa laite on pysynyt ennalta määrätyllä tarkkuudella vaakatasossa, tai havainnoidaan laitteen kallistelua suhteessa vaakatasoon mittauksen aikana ja korjataan datapistejoukko vastaamaan
 - 10 mittausta, jossa laite on pysynyt ennalta määrätyllä tarkkuudella vaakatasossa,
 - jos datapistejoukko vastaa mittausta, jossa laite on pysynyt ennalta määrätyllä tarkkuudella vaakatasossa tai mainittu datapistejoukon korjaus on suoritettu, määritetään uusi kompassisuunta käyttämällä mainitun datapistejoukon perusteella tehtyä kalibrointia.
 - 15

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että jos datapistejoukko ei vastaa mittausta, jossa laite on pysynyt ennalta määrätyllä tarkkuudella vaakatasossa tai mainittua korjausta ei kyetä tekemään onnistuneesti, määritetään uusi kompassisuunta
 - 20 käyttämällä aikaisemmin kerätyn datapistejoukon perusteella tehtyä kalibrointia.

3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että jos datapistejoukko ei vastaa mittausta, jossa laite on pysynyt ennalta määrätyllä tarkkuudella vaakatasossa tai mainittua korjausta ei kyetä tekemään onnistuneesti, odotetaan uutta datapistejoukkoa, edullisesti samalla ilmaisten kompassilaitteen käyttäjälle uuden mittauksen
 - 25 tarve.

4. Jonkin patenttivaatimuksen 1 – 3 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että kalibrointi tehdään laskemalla datapisteiden avulla datapisteiden määrittämän ympyrän keskipiste ja
 - 30 uusi kompassisuunta määritetään edelleen mainitun keskipisteen avulla.

5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että ympyrän keskipiste määritetään neljän datapisteen avulla laskemalla kahden näiden neljän datapisteen välille

sovitetun segmentin normaalit ja määrittämällä ympyrän keskipiste normaalien leikkauspisteeseen.

- 5 6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että kaksi datapistettä hyväksytään segmentin päätepisteiksi ainoastaan, jos niiden etäisyys toisistaan on suurempi kuin ennalta määrätty minimietäisyys.
- 10 7. Patenttivaatimuksen 5 tai 6 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että segmentit hyväksytään keskipisteen määrittämiseen ainoastaan, jos niiden määräämien suuntien välinen kulma on suurempi kuin ennalta määrätty minimikulma.
8. Jonkin patenttivaatimuksen 5 – 7 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että segmentit sovitetaan kulloinkin peräkkäisten datapisteiden välille.
- 15 9. Jonkin patenttivaatimuksen 4 – 8 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että määritetty keskipiste hyväksytään uudeksi keskipisteeksi ainoastaan, jos sen etäisyys aikaisemmin määritetystä keskipisteestä on pienempi kuin ennalta määrätty maksimietäisyys.
- 20 10. Jonkin patenttivaatimuksen 4 – 9 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että määritettyä keskipistettä käytetään edelleen kompassisuunnan osoittamiseksi visuaalisesti.
- 25 11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että kompassisuunta osoitetaan ainoastaan, jos uusi kenttäkomponenttien mittaustulos vastaa datapistettä, jonka etäisyys ympyrän keskipisteestä on välillä aikaisemmin määritetyn datapisteen etäisyys ympyrän keskipisteestä miinus ennalta määrätty maksimietäisyys ... aikaisemmin määritetyn datapisteen etäisyys ympyrän keskipisteestä plus ennalta määrätty maksimietäisyys.
- 30 12. Patenttivaatimuksen 10 tai 11 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että kompassisuunnan lisäksi osoitetaan myös määritetyn kompassisuunnan luotettavuus.
13. Patenttivaatimuksen 12 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu luotettavuus lasketaan keskipisteen määrittämisessä käytettyjen datapisteiden ja/tai uusien kenttäkomponenttien mittaustulosta vastaavien datapisteiden keskipisteestä mitattujen etäisyyksien vaihtelujen perusteella.

14. Jonkin patenttivaatimuksen 1 - 4 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että kalibroitu kompassisuunta määritetään kolmen datapisteen avulla määrittämällä datapisteiden muodostaman ympyränkaaren kaareutumissuunta paikallisesti.
- 5
15. Patenttivaatimuksen 14 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että ympyränkaaren kaareutumissuunta määritetään määrittämällä kahden datapisteen välille sovitetun segmentin normaalin suunta ja edelleen kolmen datapisteen järjestyksen ja niiden välille viritettyjen vektorien keskinäisen aseman perusteella määritetään laitteen asento suhteessa ulkoiseen magneettikenttään.
- 10
16. Patenttivaatimuksen 15 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu segmentti sovitetaan kahden uloimman, eli järjestyksessä mainituista kolmesta datapisteestä ensimmäisen ja viimeisen, datapisteen välille.
- 15
17. Jonkin patenttivaatimuksen 14 – 16 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että ympyränkaaren kaareutumissuunta määritetään keräämisjärjestyksessä ensimmäisen ja toisen ja vastaavasti toisen ja kolmannen datapisteen välille viritettyjen vektorien avulla.
- 20
18. Jonkin patenttivaatimuksen 14 – 17 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että kompassisuunta määritetään datapistejoukon avulla ilman mainitun ympyrän keskipisteen laskemista.
- 25
19. Jonkin patenttivaatimuksen 14 – 18 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että mainitut kolme datapistettä muodostavat tylppäkulmaisen kolmion, jonka yksi kulma on vähintään 135 astetta.
- 30
20. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainitut datapisteen muodostetaan skaalaamalla kenttäkomponenttien mittaustulokset kompassilaitteelle ominaisella herkkyyso-matriisilla.
21. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että se suoritetaan rannelaitteessa, kuten rannetietokone-tietokoneessa esimerkiksi urheilu- tai retkeilykäyttöä varten.

22. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää vaiheen, jossa valitaan yksi vähintään kahdesta kompassisuunnan määrittämismenetelmästä laitteen käyttäjältä saatavissa olevan valintatiedon tai mainittujen kenttäkomponenttien mittauksen luotettavuuden automaattisen arvioinnin perusteella ja edelleen määrittämään kompassisuunta käyttäen valittua menetelmää.

23. Patenttivaatimuksen 22 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että jos kenttäkomponenttien mittauksen luotettavuus on heikompi kuin ennalta määrätty kynnyksisarvo, käytetään ensimmäistä kompassisuunnan määrittämismenetelmää, jossa hyödynnetään vähintään neljää laitteen eri asentoa vastaavaa mainittujen kahden kenttäkomponentin muodostamaa datapistettä.

24. Patenttivaatimuksen 23 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että käytetään jonkin patenttivaatimuksen 4 – 13 mukaista kompassisuunnan määrittämismenetelmää.

25. Patenttivaatimuksen 22 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että jos kenttäkomponenttien mittauksen luotettavuus on parempi kuin ennalta määrätty kynnyksisarvo, käytetään toista kompassisuunnan määrittämismenetelmää, jossa hyödynnetään korkeintaan kolmea laitteen eri asentoa vastaavaa mainittujen kahden kenttäkomponentin muodostamaa datapistettä.

26. Patenttivaatimuksen 25 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että käytetään jonkin patenttivaatimuksen 14 – 19 mukaista kompassisuunnan määrittämismenetelmää.

27. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että datapisteitä kerätään jatkuvasti uuden kompassisuunnan määrittämiseksi laitteen ollessa suunnannäyttötilassa, jolloin myös mainittu kalibrointi suoritetaan suunnannäyttötilassa kerättyjen datapisteiden perusteella.

28. Elektroninen kompassilaitte, joka käsittää

- elektromagneettiset anturivälilinjat ulkoisen magneettikentän ainakin kahden kenttäkomponentin mittaamiseksi, ja
- prosessointiyksikön, joka on sovitettu

- muodostamaan kaksiulotteisia datapisteitä anturivälineiltä saatavasta signaalista, datapisteiden vastatessa laitteen eri asentoja suhteessa ulkoiseen magneettikenttään,
- määrittämään vastaako datapistejoukko mittausta, jossa laite on pysynyt ennalta määrätyllä tarkkuudella vaakatasossa, tai korjaamaan datapistejoukko
5 vastaamaan tällaista mittausta erilliseltä kallistusanturilta saatavan datan perusteella,
- määrittämään uusi kompassisuunta käyttämällä mainitun datapistejoukon perusteella tehtyä kalibrointia, jos datapistejoukko vastaa mittausta, jossa
10 laite on pysynyt ennalta määrätyllä tarkkuudella vaakatasossa tai mainittu datapistejoukon kallistumakorjaus on suoritettu.

29. Patenttivaatimuksen 28 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että prosessointiyksikkö on edelleen sovitettu odottamaan uutta datapistejoukkoa, edullisesti samalla ilmaisten
15 kompassilaitteen käyttäjälle uuden mittauksen tarve, jos datapistejoukko ei vastaa mittausta, jossa laite on pysynyt ennalta määrätyllä tarkkuudella vaakatasossa tai mainittua korjausta ei kyetä tekemään onnistuneesti.

30. Patenttivaatimuksen 28 tai 29 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että se on sovitettu
20 mittaamaan ulkoista magneettikenttää jatkuvasti sekä kalibrointia että suunnanmäärittystä varten yhdessä toimintatilassa.

31. Patenttivaatimuksen 29 tai 30 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että prosessointiyksikkö on sovitettu laskemaan datapisteiden avulla datapisteiden määrittämän ympyrän keskipiste ja määrittämään edelleen uusi kompassisuunta mainitun keskipisteen avulla.
25

32. Patenttivaatimuksen 31 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että prosessointiyksikkö on sovitettu määrittämään ympyrän keskipiste neljän datapisteen avulla laskemalla kahden näiden neljän datapisteen välille sovitetun segmentin normaalit ja määrittämään ympyrän keskipiste normaalien leikkauspisteeseen.
30

33. Patenttivaatimuksen 32 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että prosessointiyksikkö on sovitettu suorittamaan jonkin patenttivaatimuksen 6 – 13 mukaisia toimintoja.

34. Jonkin patenttivaatimuksen 28 – 31 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että prosessointiyksikkö on sovitettu määrittämään kompassisuunta kolmen datapisteen avulla määrittämällä datapisteiden muodostaman ympyränkaaren kaareutumissuunta paikallisesti, edullisesti määrittämällä kahden datapisteen välille sovitetun segmentin normaalin suunta ja edelleen kolmen datapisteen järjestyksen ja niiden välille viritettyjen vektorien keskinäisen aseman perusteella määritetään laitteen asento suhteessa maan magneettikenttään.

35. Patenttivaatimuksen 34 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että prosessointiyksikkö on sovitettu suorittamaan jonkin patenttivaatimuksen 16 – 19 mukaisia toimintoja.

10

36. Jonkin patenttivaatimuksen 29 – 35 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että se on rannelaite, kuten rannetietokone esimerkiksi urheilu- tai retkeilykäyttöä varten.

Patentkrav:

1. Förfarande för bestämning av en kompassriktning medelst en elektronisk kompassanordning, vid vilket förfarande

- 5 – åtminstone två fältkomponenter hos ett externt magnetfält mäts, av vilka en mängd datapunkter bildas, vilka motsvarar anordningens olika lägen i förhållande till det externa magnetfältet,
- 10 – bestäms huruvida datapunktmängden motsvarar en mätning, där anordningen med en förutbestämd noggrannhet hållits horisontellt, eller anordningens lutning i förhållande till horisontalplanet observeras under mätningen och datapunktmängden korrigeras att motsvara en mätning, där anordningen med förutbestämd noggrannhet hållits horisontellt,
- 15 – såvida datapunktmängden motsvarar mätningen, där anordningen med förutbestämd noggrannhet hållits horisontellt eller nämnda korrigerings av datapunktmängden utförts, bestäms en ny kompassriktning genom att använda den på basis av nämnda datapunktmängd utförda kalibreringen.

2. Förfarande i enlighet med patentkrav 1, **kännetecknat** av att såvida datapunktmängden inte motsvarar mätningen, där anordningen med förutbestämd noggrannhet hållits horisontellt eller nämnda korrigerings inte kan utföras framgångsrikt, bestäms en ny kompassriktning genom att använda den på basis av den tidigare insamlade datapunktmängden utförda kalibreringen.

3. Förfarande i enlighet med patentkrav 1 eller 2, **kännetecknat** av att såvida datapunktmängden inte motsvarar mätningen, där anordningen med förutbestämd noggrannhet hållits horisontellt eller nämnda korrigerings inte kan utföras framgångsrikt, inväntas en ny datapunktmängd, företrädesvis under det att ett behov av en ny mätning samtidigt indikeras för kompassanordningens användare.

4. Förfarande i enlighet med något av patentkraven 1 – 3, **kännetecknat** av att kalibreringen utförs genom att med hjälp av datapunkterna beräkna en av datapunkterna bestämd cirkels medelpunkt och en ny kompassriktning bestäms vidare med hjälp av nämnda medelpunkt.

5. Förfarande i enlighet med patentkrav 4, **kännetecknat** av att cirkelns medelpunkt bestäms med hjälp av fyra datapunkter genom att beräkna ett mellan två av dessa fyra datapunkter anordnat segments normaler och genom att bestämma cirkelns medelpunkt i normalernas skärningspunkt.
- 5 6. Förfarande i enlighet med patentkrav 5, **kännetecknat** av att två datapunkter godtas som segmentets ändpunkter endast om deras avstånd från varandra är större än ett förutbestämt minimiavstånd.
7. Förfarande i enlighet med patentkrav 5 eller 6, **kännetecknat** av att segmenten godtas som medelpunktens bestämning endast om vinkeln mellan de av dem bestämda riktningarna är större än en förutbestämt minimivinkel.
- 10 8. Förfarande i enlighet med något av patentkraven 5 - 7, **kännetecknat** av att segmenten anordnas vart för sig mellan på varandra följande datapunkter.
9. Förfarande i enlighet med något av patentkraven 4 - 8, **kännetecknat** av att den bestämda medelpunkten godtas som ny medelpunkt endast om dess avstånd från den tidigare
- 15 bestämda medelpunkten är mindre än ett förutbestämt maximiavstånd.
10. Förfarande i enlighet med något av patentkraven 4 - 9, **kännetecknat** av att den bestämda medelpunkten används vidare för att visuellt visa kompassriktningen.
11. Förfarande i enlighet med patentkrav 10, **kännetecknat** av att kompassriktningen visas endast om ett nytt fältkomponentsmätresultat motsvarar en datapunkt, vars avstånd
- 20 från cirkelns medelpunkt ligger mellan det tidigare bestämda datapunktsavståndet från cirkelns medelpunkt minus det förutbestämde maximiavståndet ... det tidigare bestämda datapunktsavståndet från cirkelns medelpunkt plus det förutbestämde maximiavståndet.
12. Förfarande i enlighet med patentkrav 10 eller 11, **kännetecknat** av att förutom kompassriktningen visas även den bestämda kompassriktningens tillförlitlighet.
- 25 13. Förfarande i enlighet med patentkrav 12, **kännetecknat** av att nämnda tillförlitlighet beräknas från medelpunkten av de i bestämningen av medelpunkten använda datapunkter-

na och/eller av de nya datapunkterna som motsvarar fältkomponenternas mätresultat på basis av de mätta avståndens variationer.

14. Förfarande i enlighet med något av patentkraven 1 - 4, **kännetecknat** av att den kalibrerade kompassriktningen bestäms med hjälp av tre datapunkter genom att bestämma en av datapunkterna bildad cirkelbåges böjningsriktning lokalt.

15. Förfarande i enlighet med patentkrav 14, **kännetecknat** av att cirkelbågens böjningsriktning bestäms genom att bestämma riktningen för normalen av ett segment anordnat mellan två datapunkter och därutöver bestäms på basis av ordningsföljden av de tre datapunkterna och inbördespositionen av mellan dem uppspända vektorer anordningens läge i förhållande till det externa magnetfältet.

16. Förfarande i enlighet med patentkrav 15, **kännetecknat** av att nämnda segment anordnas mellan de två yttersta, d.v.s. i ordningsföljden av de nämnda tre datapunkterna, mellan den första och sista datapunkten.

17. Förfarande i enlighet med något av patentkraven 14 - 16, **kännetecknat** av att cirkelbågens böjningsriktning bestäms med hjälp av de i insamlingsordning mellan den första och andra respektive den andra och tredje datapunkten uppspända vektorerna.

18. Förfarande i enlighet med något av patentkraven 14 - 17, **kännetecknat** av att kompassriktningen bestäms med hjälp av datapunktmängden utan att den nämnda cirkelns medelpunkt beräknas.

19. Förfarande i enlighet med något av patentkraven 14 - 18, **kännetecknat** av att nämnda tre datapunkter bildar en trubbvinklig triangel, vars ena vinkel uppgår till åtminstone 135 grader.

20. Förfarande i enlighet med något av de föregående patentkraven, **kännetecknat** av att nämnda datapunkter bildas genom att fältkomponenternas mätresultat skalas medelst en för kompassanordningen karakteristisk känslighetsmatris.

21. Förfarande i enlighet med något av de föregående patentkraven, **kännetecknat** av att det utförs i en armbandsanordning, såsom i en armbandsdator t.ex. för idrotts- eller utflyktsbruk.
22. Förfarande i enlighet med något av de föregående patentkraven, **kännetecknat** av att det omfattar ett steg, där ett av åtminstone två kompassriktningsbestämningförfaranden väljs på basis av valinformation, som kan erhållas av anordningens användare, eller av en automatisk estimering av tillförlitligheten av nämnda fältkomponenters mätning, och där vidare kompassriktningen bestäms under användning av det valda förfarandet.
23. Förfarande i enlighet med patentkrav 22, **kännetecknat** av att såvida tillförlitligheten av fältkomponenternas mätning är sämre än ett förutbestämt tröskelvärde, används ett första kompassriktningsbestämningförfarande, där åtminstone fyra, anordningens olika lägen motsvarande datapunkter bildade av nämnda två fältkomponenter utnyttjas.
24. Förfarande i enlighet med patentkrav 23, **kännetecknat** av att ett kompassriktningsbestämningförfarande i enlighet med något av patentkraven 4 –13 används.
25. Förfarande i enlighet med patentkrav 22, **kännetecknat** av att såvida tillförlitligheten av fältkomponenternas mätning är bättre än ett förutbestämt tröskelvärde, används ett andra kompassriktningsbestämningförfarande, där högst tre, anordningens olika lägen motsvarande datapunkter bildade av nämnda två fältkomponenter utnyttjas.
26. Förfarande i enlighet med patentkrav 25, **kännetecknat** av att ett kompassriktningsbestämningförfarande i enlighet med något av patentkraven 14 –19 används.
27. Förfarande i enlighet med något av de föregående patentkraven, **kännetecknat** av att datapunkter insamlas kontinuerligt för bestämning av en ny kompassriktning då anordningen befinner sig i ett riktningvisningstillstånd, varvid även nämnda kalibrering utförs i riktningvisningstillståndet på basis av insamlade datapunkter.
28. Elektronisk kompassanordning omfattande
- elektromagnetiska givarorgan för mätning av åtminstone två fältkomponenter hos ett externt magnetfält, och

- en processenhet anordnad att
- bilda tvådimensionella datapunkter från en signal, som erhålls från givarorganen, varvid datapunkterna motsvarar anordningens olika lägen i förhållande till det externa magnetfältet,
- 5 – bestämma om datapunktmängden motsvarar en mätning, där anordningen med en förutbestämd noggrannhet hållits horisontellt, eller korrigera att datapunktmängden motsvarar en dylik mätning på basis av information, som erhålls från en separat lutningsgivare,
- 10 – bestämma en ny kompassriktning genom att använda den på basis av nämnda datapunktmängd utförda kalibreringen, såvida datapunktmängden motsvarar mätningen, där anordningen med förutbestämd noggrannhet hållits horisontellt eller nämnda lutningskorrigering av datapunktmängden utförts.

29. Anordning i enlighet med patentkrav 28, **kännetecknad** av att processenheten är vidare anordnad att invänta en ny datapunktmängd, företrädesvis under det att ett behov av en
15 ny mätning samtidigt indikeras för kompassanordningens användare, såvida datapunktmängden inte motsvarar mätningen, där anordningen med förutbestämd noggrannhet hållits horisontellt eller nämnda korrigering inte kan utföras framgångsrikt.

30. Anordning i enlighet med patentkrav 28 eller 29, **kännetecknad** av att den är anordnad att mäta ett externt magnetfält kontinuerligt både för kalibrering och riktningsbestämning i ett funktionstillstånd.
20

31. Anordning i enlighet med patentkrav 29 eller 30, **kännetecknad** av att processenheten är anordnad att med hjälp av datapunkterna beräkna en av datapunkterna bestämd cirkels medelpunkt och att vidare bestämma en ny kompassriktning med hjälp av nämnda medelpunkt.

25 32. Anordning i enlighet med patentkrav 31, **kännetecknad** av att processenheten är anordnad att bestämma cirkelns medelpunkt med hjälp av fyra datapunkter genom att beräkna ett mellan två av dessa fyra datapunkter anordnat segments normaler och genom att bestämma cirkelns medelpunkt i normalernas skärningspunkt.

33. Anordning i enlighet med patentkrav 32, **kännetecknad** av att processenheten är anordnad att utföra funktioner i enlighet med något av patentkraven 6 – 13.
34. Anordning i enlighet med något av patentkraven 28 - 31, **kännetecknad** av att processenheten är anordnad att bestämma en kompassriktning med hjälp av tre datapunkter genom att bestämma en av datapunkterna bildad cirkelbåges böjningsriktning lokalt, företrädesvis genom att bestämma riktningen för normalen av ett segment anordnat mellan två datapunkter, och vidare på basis av ordningsföljden av de tre datapunkterna och inbördespositionen av mellan dem uppspända vektorer bestäms anordningens läge i förhållande till jordens magnetfält.
- 10 35. Anordning i enlighet med patentkrav 34, **kännetecknad** av att processenheten är anordnad att utföra funktioner i enlighet med något av patentkraven 16 – 19.
36. Anordning i enlighet med något av patentkraven 29 - 35, **kännetecknad** av att den utgörs av en armbandsanordning, såsom en armbandsdator t.ex. för idrotts- eller utflyktsbruk.

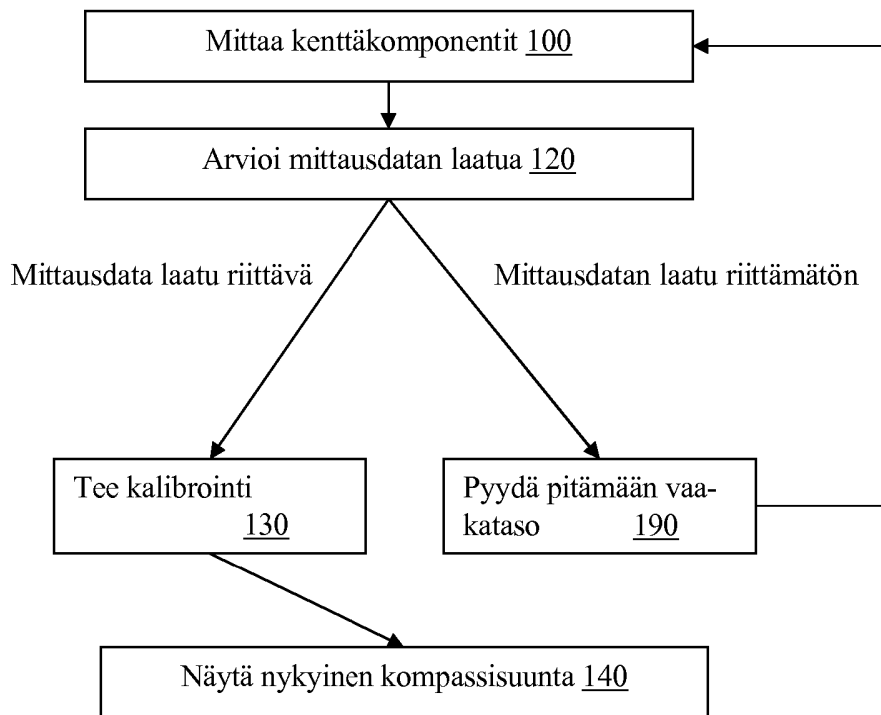


Fig. 1a

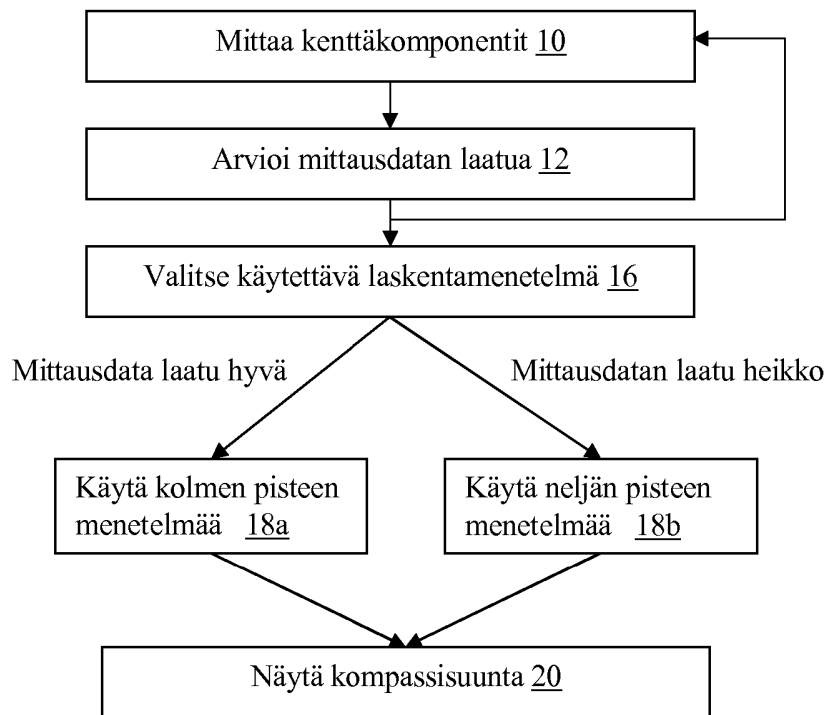


Fig. 1b

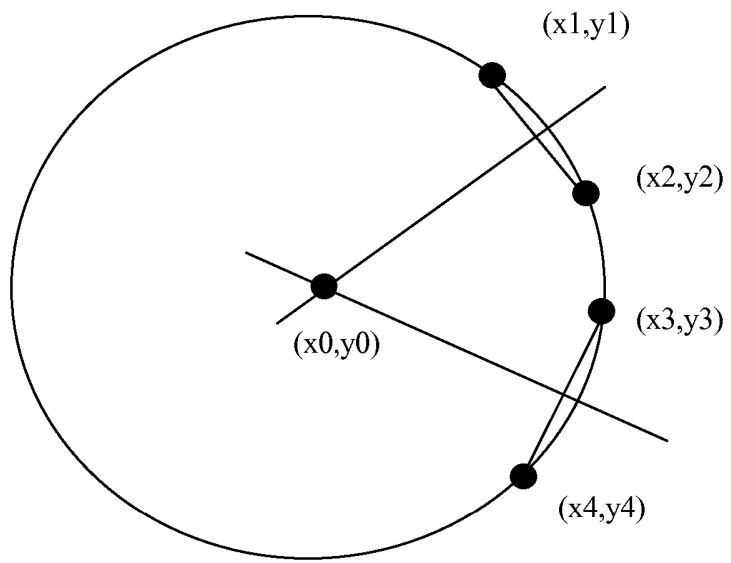


Fig. 2

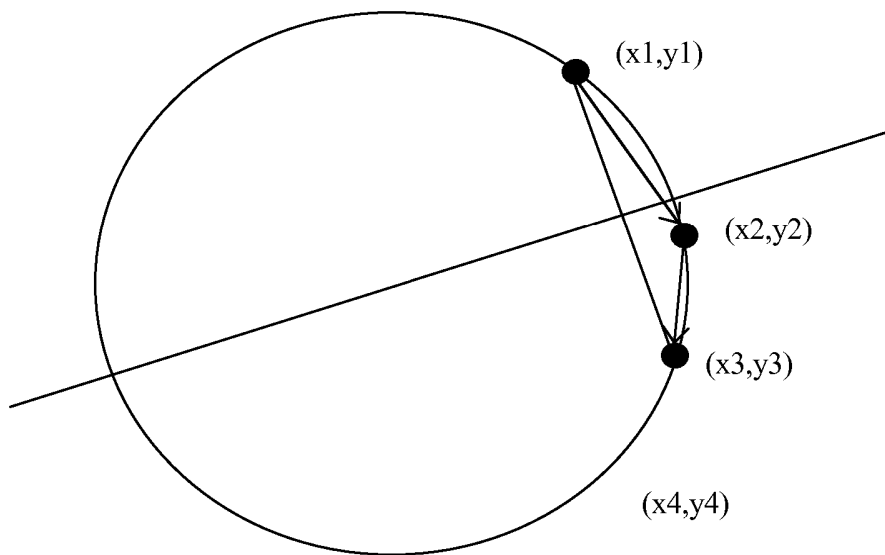


Fig. 3

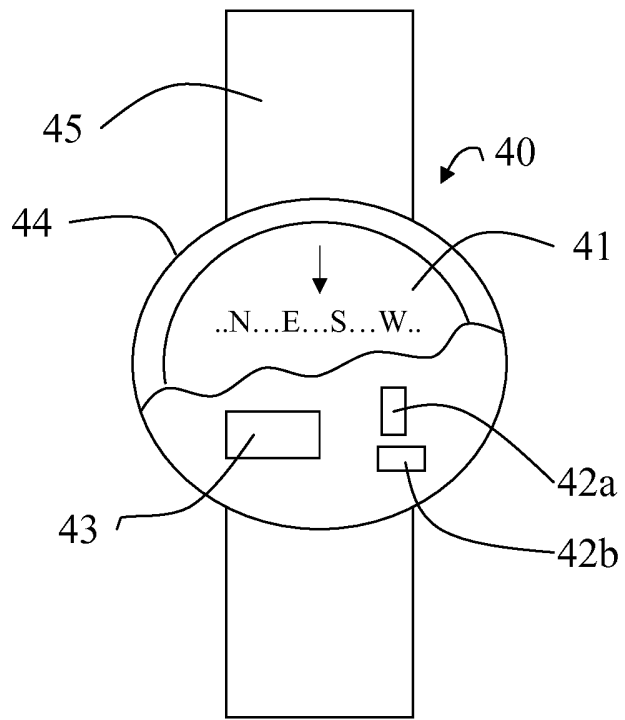


Fig. 4