(19) SUOMI - FINLAND
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN
FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 890851 A7**

(12) **JULKISEKSI TULLUT PATENTTIHAKEMUS**
PATENTANSÖKAN SOM BLIVIT OFFENTLIG
PATENT APPLICATION MADE AVAILABLE TO THE PUBLIC

(21) Patenttihakemus - Patentansökan - Patent application 890851

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation - International patent classification
B25J 19/00

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date **22.02.1989**

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date **22.02.1989**

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public **24.08.1989**

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date **12.06.2019**

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet - Priority

23.02.1988 US 158732

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 • **University of British Columbia,** 2075 Wesbrook Mall Vancouver, B.C. V6T 1W5, Canada, KANADA, (CA)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 • **Lawrence, Peter Donald,** Canada, KANADA, (CA)
2 • **Mackworth, Alan Keith,** Canada, KANADA, (CA)
3 • **Mulligan, Isobel Jane,** Canada, KANADA, (CA)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Berggren Oy Ab, Antinkatu 3 C, 00100 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention
Järjestely varren eri segmenttien asentojen määräämiseksi
Arrangemang för bestämning av positionerna för olika segment hos en arm

Kaukosäädettyjen manipulaattorivarsien asennon ilmaiseminen

Esillä olevan keksinnön kohteena on asennon ilmaiseminen ja yksityiskohtaisemmin tarkastellen esillä oleva keksintö tarjoaa käyttöön järjestelmän liitoskulmien määrittämiseksi valokuva-analyysin avulla.

Robottijärjestelmien, erityisesti nivelliitoksilla varustettujen kaukosäädettyjen manipulaattorien, toiminnan yhteydessä käytetään yleensä liitoskulmailmaisimia, kuten koodereita tai analysointilaitteita, suhteellisen kulmasiirtymän määrittämiseksi kääntyvästi yhteenliitettyjen varsien muodostaman parin välillä.

Tällaiset liitoskulmailmaisimet ovat ilmeisestikin alttiita vioittumiselle samoin kuin muutkin ilmaisinjärjestelmät, seuraavassa selostettu järjestelmä mukaanlukien. Kun ihminen kuitenkin on tulossa yhä enemmän riippuvaiseksi näiden ilmaisimien toiminnasta suhteellisen suurien laitteistojen käsittelyn yhteydessä, on suotavaa saada käyttöön tukijärjestelmä, joka varmistaa ilmaisin- tai vaihtoehtoisen järjestelmän toiminnan määrittämällä keskinäisen kulmasuhteen yhteenliitettyjen liitosten muodostaman parin välillä.

Esillä olevan keksinnön tarkoituksena on tarjota käyttöön liitoskulman ilmaisujärjestelmä nivellettyjä manipulaattorivarsia varten, jolloin liitoskulma määritetään valokuva-analyysin välityksellä.

Esillä oleva keksintö on erityisen käyttökelpoinen kameran käytön yhteydessä ja se edellyttää joissakin tapauksissa kameran lisäämistä sopivaan kohtaan järjestelmässä kulmasiirtymän mittaamista varten.

Yleensä ottaen esillä olevan keksinnön kohteena on menetelmä tai laite manipulaattorivarren nivelosien suhteellisten asentojen määrittämiseksi, tämän varren käsittäessä vähintään

kaksi toistensa suhteen liikkuvaa varsisegmenttiosaa, joista kumpikin on varustettu merkinnöillä, keksinnön mukaisen laitteen käsittäessä kameralaitteen, joka tallentaa ainakin sanotut merkinnät valokuvan muodossa, josta sanotut merkinnät voidaan erottaa, ja laitteen sanotun kuvan analysoimista varten sanottujen varsisegmenttiosien suhteellisten asentojen selvillesaamiseksi sanotussa kuvassa olevien sanottujen merkintöjen suhteellisten asentojen perusteella.

Kuva-analyysilaite aloittaa sopivimmin analyysin nivelvarren yhden pään vieressä olevassa ensimmäisessä varsisegmenttiosassa, minkä jälkeen se kohdistetaan jäljelläoleviin nivelvarsisegmenttiosiin.

Esillä oleva keksintö käsittää sopivimmin ohjaamoon asennetun kameran asetettuna ottamaan valokuvia, jotka mahdollistavat erilaisten varsisegmenttiosien tunnistamisen ja kunkin sanotun varsisegmentin ennalta valittujen osien yksityiskohtaisen tarkastelun sanotun kuvan analysoinnin avulla määrittämällä sanottujen ennalta valittujen osien suunnat sekä sanottujen nivelvarsisegmenttiosien kulmasuhde sanottujen ennalta valittujen osien suuntien perusteella.

Keksinnön muut ominaispiirteet, kohteet ja edut käyvät ilmi esillä olevan keksinnön seuraavasta yksityiskohtaisesta selostuksesta oheisiin piirustuksiin viitaten, joissa:

Kuvio 1 esittää kaavamaista sivukuvantoa esillä olevan keksinnön mukaisesta kaivinkoneesta;

Kuvio 2 esittää kaavamaista päällyskuvantoa kuvion 1 mukaisesta kaivinkoneesta;

Kuvio 3 esittää muunnettua kaivinkonetta, jossa toinen liitos on liukuva kääntöliitoksen asemasta;

Kuvio 4 esittää kaavamaisesti esillä olevan keksinnön mukaista kuva-analyysijärjestelmää;

Kuvio 5 esittää kaavamaisesti valokuva-analyysiä gradienttisuuntakartoituksen muodostamista varten;

Kuvio 6 esittää kaavamaisesti kuvan särmätyn reunan määrittämiseen käytettyä prosessia;

Kuvio 7 esittää kaavamaisesti kulman määrittämistä kutakin varsisegmenttiosaa varten.

Kuvion 1 esittämä yleensä viitenumerolla 10 merkitty kaivinkone tai vastaava käsittää alustan 12, johon ensimmäinen varsisegmenttiosa eli puomi 14 on kääntyvästi asennettu kiertoliikettä varten akselin 16 ympäri. Toinen varsisegmenttiosa eli tanko 18 on liitetty kääntyvästi puomin 14 vapaaseen päähän kiertoliikettä varten akselin 20 ympäri, ja kauha 24 on puolestaan liitetty kääntyvästi varren 18 vapaaseen päähän kiertoliikettä varten akselin 26 ympäri. Esitetyssä järjestelyssä akselit 16, 20 ja 26 ovat yhdensuuntaisia.

Laitteistoa puomin 14 kääntämistä varten akselin 16 ympäri on merkitty kaavamaisesti nuolella 28, käyttölaitetta sanotun tangon 18 kiertämiseksi akselin 20 ympäri nuolella 30 ja käyttölaitetta kauhan 24 kiertämiseksi kääntötapin 26 ympäri kaavamaisesti nuolella 32.

Puomin 14 kulmasiirtymän alustan 12 suhteen ilmaisee kulma B, tangon 18 ja puomin 14 välisen kulmasiirtymän kulma C ja kauhan 24 ja tangon 18, so. tangon 18 pituusakselin, välisen kulmasiirtymän kulma D.

Kamera on sopivalla tavalla asetettu alustalle 12 ottamaan valokuvia ainakin puomista 14 ja tangosta 18 ja mahdollisesti kauhasta 24. Tämä kamera 34 samoin kuin puomi 14 jne. on asennettu alustalle 12, jota puolestaan voidaan kääntää akselin 36 ympäri nuolen 38 kaavamaisesti esittämän sopivan käyttölaitteen välityksellä. Akseli 36 on kohtisuora akselien

16, 20 ja 26 suhteen.

Järjestelmän käyttäjä on yleensä asennossa 40 ja hän ohjaa puomin 14, tangon 18 ja kauhan 24 toimintaa sopivan ohjauslaitteen avulla, jota on kaavamaisesti merkitty numerolla 42 (kuvio 2).

Kuvio 3 esittää esillä olevan keksinnön erästä toista sovellutusmuotoa, jossa varsisegmenttiosa 14A on asennettu kääntyvästi alustalle 12 yleensä kääntötappia 16 korkeammalle, jolloin sitä käännetään kääntöliitäntänsä ympäri nuolen 44 kaavamaisesti esittämän käyttölaitteen välityksellä, joka on olennaisesti samanlainen kuin nuolen 28 esittämä käyttölaite.

Tankoa kuvion 3 mukaisessa sovellutusmuodossa on merkitty yleensä numerolla 18A ja se liikkuu nuolen 46 suuntaan aksiaalisesti puomin 14A suhteen kaavamaisesti nuolen 46 esittämän käyttölaitteen avulla. Sopiva kauha, kuten kauha 24, on asennettu tangon 18A vapaaseen päähän samalla tavoin kuin varren tai tangon 18 vapaassa päässä oleva kauha 24 kuvioiden 1 ja 2 esittämissä sovellutuksissa.

Pituussuuntaisen akselin tai minkä muun valitun akselin erottamisen helpottamiseksi kussakin varsinivelsegmenttiosassa 14, 18 ja vastaavasti 24 käytetään kuvion 1 mukaisessa sovellutusmuodossa aksiaalisia merkintöjä 48, 50 ja vastaavasti 52. Samalla tavoin voidaan alusta 12 varustaa sopivalla merkinnällä 54, joka asetetaan kameran näkökenttään jalustan 56 tai vastaavan kääntöakselin 16 viereen. Tällainen merkintä 54 ja jalusta 56 eivät ole kuitenkaan välttämättömiä, koska kamera voidaan suunnata alustan suhteen siten, että tällaista alustan 12 suuntaista vertailulinjaa ei välttämättä tarvita.

Seuraavassa yksityiskohtaisemmin selostetussa suositeltavassa järjestelmässä voidaan varsisegmenttiosien 14, 18 ja 26 reunat erottaa valokuva-analyysijärjestelmässä ja käyttää niitä merkintöjen 48, 50 ja 52 mukaisina merkkeinä, so. itse

varsisegmenttiosien ennalta valitut reunat voivat toimia merkkeinä valokuvausta varten. Merkinnät voivat likaantua tai tulla näkymättömiksi, ja siten on parempi käyttää varsisegmenttien yhtä tai useampaa reunaa kuvausmerkkinä.

Järjestelmä toimii yleensä kuviossa 4 kaavamaisesti esitetyllä tavalla. Kamera 34 ottaa valokuvan, joka muutetaan numeeriseen muotoon digitointilaitteen 58 avulla, minkä jälkeen tämä digitointilaitteessa 58 digitoitu kuva analysoidaan analysointilaitteessa 60 ja eri kulmat B, C ja D määritetään vertaamalla merkkien (varsisegmenttiosien reunojen) suuntausta muistissa olevaan varsimalliin. Tämä tieto syötetään tietokoneohjaukseen 68 tietokoneen varustamiseksi kulmien B, C ja D nykyarvoilla.

Ilmeisestikin, jos kauha 26 aiotaan siirtää pois näkyvistä käytön aikana ja siten tätä järjestelmää ei voida käyttää kauhaa 26 varten, vaaditaan useiden sovellutuksien yhteydessä kuitenkin vain kulmien B ja C arvoa. Joissakin muissa laitteistoissa kauha 26 on korvattu esimerkiksi sahalla, niputuskoneella, koukulla tai vastaavalla, joka pysyy pääasiassa aina kameran 34 näkökentässä ja jonka suunta voidaan määrittää.

Kuvion 3 esittämässä sovellutusmuodossa varsisegmenttiosan 18 pidennys voidaan mitata kuva-analyysin avulla paikantamalla merkinnät 48A ja 50A ja määrittämällä niiden välinen etäisyys ja siten varsisegmenttiosan 18A pidennys varsisegmenttiosan 14A suhteen.

Esillä olevassa esimerkkisovellutuksen mukainen kaivinkone (kuviot 1 ja 2) sisältää neljä liitosta, jotka runkokehykseen (ei näy) asennettu kiertävä ohjaamo tai alusta 12A sekä kääntyvä puomi 14, tanko 18 ja kauha 24 muodostavat. Puomin muodostama kulma (kulma B), puomin ja tangon välinen kulma (kulma C) sekä kulma D ja kauhan päätepiste 70 (kuviot 1 ja 3) voidaan esimerkiksi määrittää. Liitosten yleisrajoituksien johdosta järjestelmä kykenee paikantamaan ensin puomin

(kulma B), sitten tangon sen suhteen (kulma C) ja haluttaessa kauhan tangon suhteen (kulma D). Samaa menetelmää voidaan käyttää minkä tahansa moninivelisen manipulaattorivarren yhteydessä.

Ohjaamoon tai alustalle 12 asetetun kameran manipulaattorivarresta 72, joka käsittää puomin 14, tangon 18 ja kauhan 24, ottaman kuvan yksityiskohdat tutkitaan erikseen, jolloin erilaiset varsisegmenttiosat 14, 18 ja 24 ja mahdolliset merkinnät 48, 60 ja 52 voidaan tunnistaa.

Kuten kuviosta 5 näkyy, kuva 100 muutetaan erikseen Laplacen tai Gaussin käyrän 101 muotoon ja tasoitetaan x- ja y-suuntaisilla käskykoodeilla 102 ja vastaavasti 103. Nollaristeyskohdat Gaussin käyrän ($\nabla^2 G$) muotoisessa kuvassa 104 paikannetaan ja merkitään gradienttisuunnalla 105:

$$\arctan \left| \begin{array}{c} \frac{d\,(G * I)}{d\,x} \\ \frac{d\,(G * I)}{d\,y} \end{array} \right|$$

jossa G = Gaussin käyrä
* = konvoluutio
I = kuvan voimakkuus

Tulokseksi saadaan suunnattu nollaristeyskartoitus.

Manipulaattorivarren ulkonäkö kuvassa on erittäin rajoitettu. Esimerkiksi puomin reunat voivat näkyä vain tietyissä suunnissa kuvan oikeanpuoleisessa yläkulmassa. Kuten kuviosta 6 näkyy, voidaan kutakin varsisegmenttiosaa varten laskea edeltäpäin kohdassa 107 voimassaoleva suuntauskartoitus kussakin kuvapiirtokohdassa olevia reunapisteitä varten. Tämä kartoitus on suoraan verrannollinen kyseisen varsisegmenttiosan kiertoakselilla olevan pisteen sijaintiin kuvassa. Jos suunnatun nollaristeyskartoituksen reunaelementit tulevat kyseisen varsisegmenttiosan voimassaolevalle alueelle, ne otetaan käyttöön, muussa tapauksessa ne hylätään asiaankuu-

vain reunapisteitä, jotka erittäin todennäköisesti tulevat kyseisen varsisegmenttiosan alueelle. Tätä prosessia voidaan helpottaa käyttämällä merkintöjä 48, 50 ja 52 reunojen sijasta.

Parannettu reuna-alakuva särmätään sitten kohdassa 109, jolloin tämän rinnakkaisen prosessin yhteydessä kukin kuvapiirtopiste merkitään sen etäisyysarviolla lähimmästä reunapisteestä. Kuten kuviosta 7 näkyy, voidaan liitoskulman arviota kohdassa 110 käyttämällä heijastaa ennakoituna kuvana 112 toimiva reunaperusmalli 111 kyseistä varsisegmenttiosaa varten särmättyyn reuna-alakuvaan. Reunaperusmalli 111 pohjautuu tässä esimerkissä kunkin varsisegmenttiosan vierekkäisen yläreunan ja sen kahden pohjareunan esiohjelmoituun asentoon. Heijastetuissa reunakohdissa olevien kuvapiirtopisteiden etäisyysarvojen yhteenlasku antaa tulokseksi virhearvion E kohdassa 113 heijastuksen suhteen, säätäen toistuvasti kyseisen liitoskulman ja laskien uuden virhearvion virheen minimoimiseksi ja parhaan mahdollisen liitoskulma-arvion määrittämiseksi.

Kun ensimmäinen varsisegmenttiosa 14 on paikannettu, voidaan seuraavaa varsisegmenttiosaa 18 varten tarvittava alakuva määrittää ja jatkaa näin edelleen, kunnes kaikki liitoskulmat tunnetaan, so. kuvioiden 6 ja 7 mukainen prosessi toistetaan kutakin varsisegmenttiosaa, nimittäin segmenttiosia 14, 18 ja 24, varten esillä olevassa esimerkkisovellutuksessa.

Alaan perehtyneet henkilät voivat tehdä erilaisia muutoksia edellä selostettuun keksintöön keksinnön oheisissa patenttivaatimuksessa määritetystä hengestä ja suojapiiristä poikkeamatta.

Patenttivaatimukset

1. Manipulaattorilaite varustettuna järjestelmällä sen sisältämän manipulaattorivarren varsisegmenttiosien suhteellisten asentojen määrittämistä varten, t u n n e t t u siitä, että sanottu manipulaattorilaite käsittää alustan asetettuna kiertämään ensimmäisen akselin ympäri, manipulaattorivarren varustettuna ensimmäisellä ja toisella varsisegmenttiosalla, sanotun ensimmäisen varsisegmenttiosan ollessa asennettuna kääntyvästi sanotulle alustalle toiselle akselille ja sanotun toisen varsisegmenttiosan ollessa liitettynä kolmannen akselin ympäri kääntyvästi sanottuun ensimmäiseen varsisegmenttiosaan sanotun ensimmäisen varsisegmenttiosan sanotun toisen akselin suhteen poispäin olevan pään viereen, sanotun toisen ja kolmannen akselin ollessa pääasiassa yhdensuuntaisia ja kohtisuoria sanotun ensimmäisen akselin suhteen, sanotulle alustalle kiinteästi sanotun ensimmäisen ja toisen akselin suhteen asennetun kameralaitteen, jonka näkökenttä käsittää sanotun ensimmäisen ja toisen varsisegmenttiosan niiden pääasiassa kaikissa liikeasennoissa, sanotun kameralaitteen tallentaessa sekä sanotun ensimmäisen että toisen varsisegmenttiosan valokuvatietojen muodostamiseksi, sanotut valokuvatiedot vastaanottavan tietokonelaitteen, joka tutkii yksityiskohtaisesti sanottua ensimmäistä ja toista varsisegmenttiosaa edustavat valokuvatiedot, sanotun tietokonelaitteen sisältäessä nivelmallin sanotusta manipulaattorivarresta sen eri asennoissa ja verratessa sanottuja valokuvatietoja sanottuun malliin sanottujen varsisegmenttiosien suhteellisten asentojen määrittämiseksi.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen manipulaattorilaite, t u n n e t t u siitä, että sanottu tietokonelaite muodostaa varsisegmenttikartoituksen sanotun ensimmäisen ja toisen varsisegmenttiosan sijainnista ja että sanottu valokuvatietojen yksityiskohtainen tutkiminen sisältää sanotun valokuvan reunapisteiden määrityksen, sanotun tietokoneen verratessa sanottuja reunapisteitä sanottuun varsisegmenttikartoitukseen ja hyväksyessä vain ne reunapisteet, jotka todennäköisesti muodostavat reunan sanotussa varsisegmenttikartoituksessa.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen manipulaattorilaite, t u n n e t t u siitä, että sanottu tietokonelaite käsittää lisäksi laitteen sanottujen valokuvatietojen peräkkäistä vertailua varten sanotun mallin kanssa sanotun ensimmäisen varsisegmenttiosan ja sen jälkeen sanotun toisen varsisegmenttiosan asennon määrittämiseksi.

4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen manipulaattorilaite, t u n n e t t u siitä, että sanottu tietokonelaite määrittää sanotun mallin ja sanottujen valokuvatietojen välisen eron määrittääkseen sanotun manipulaattorivarren asentoeron sanotussa mallissa ja sanotuissa valokuvatiedoissa.

5. Patenttivaatimuksen 2 mukainen manipulaattorilaite, t u n n e t t u siitä, että sanottu tietokonelaite käsittää lisäksi laitteen sanottujen valokuvatietojen vertailemiseksi peräkkäisessä järjestyksessä sanotun mallin kanssa sanotun ensimmäisen varsisegmenttiosan ja sen jälkeen sanotun toisen varsisegmenttiosan asennon määrittämiseksi.

6. Patenttivaatimuksen 2 mukainen manipulaattorilaite, t u n n e t t u siitä, että sanottu tietokonelaite määrittää sanotun mallin ja sanottujen valokuvatietojen välisen eron sanotun manipulaattorivarren asennon eron määrittämiseksi sanotussa mallissa ja sanotuissa valokuvatiedoissa.

7. Patenttivaatimuksen 3 mukainen manipulaattorilaite, t u n n e t t u siitä, että sanottu tietokonelaite määrittää sanotun mallin ja sanottujen valokuvatietojen välisen eron sanotun manipulaattorivarren asennon eron määrittämiseksi sanotussa mallissa ja sanotuissa valokuvatiedoissa.

8. Patenttivaatimuksen 5 mukainen manipulaattorilaite, t u n n e t t u siitä, että sanottu tietokonelaite määrittää sanotun mallin ja sanottujen valokuvatietojen välisen eron sanotun manipulaattorivarren asennon eron määrittämiseksi sanotussa mallissa ja sanotuissa valokuvatiedoissa.

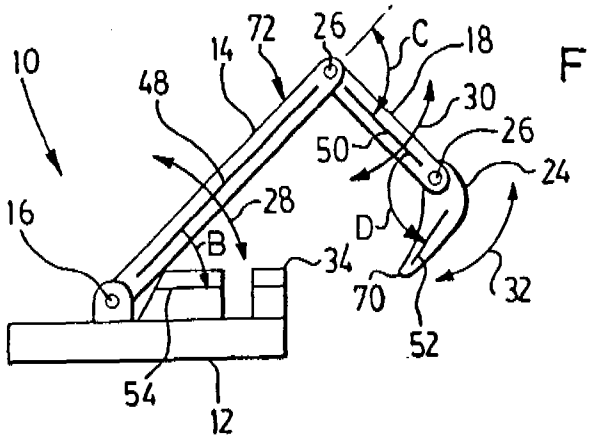

FIG. 1.

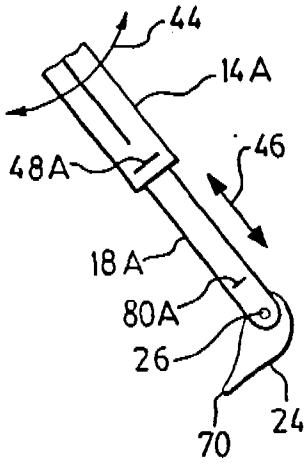

FIG. 3.

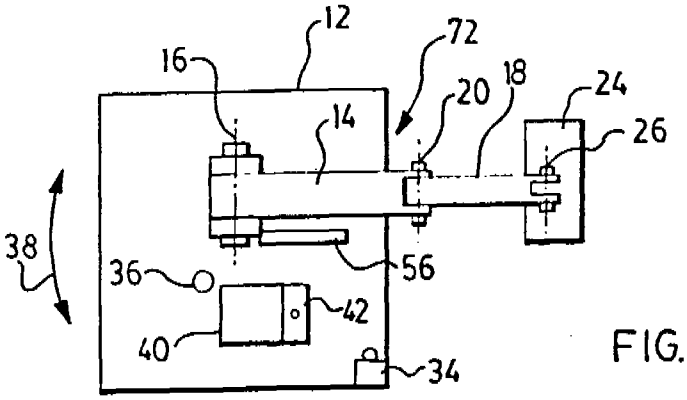

FIG. 2.

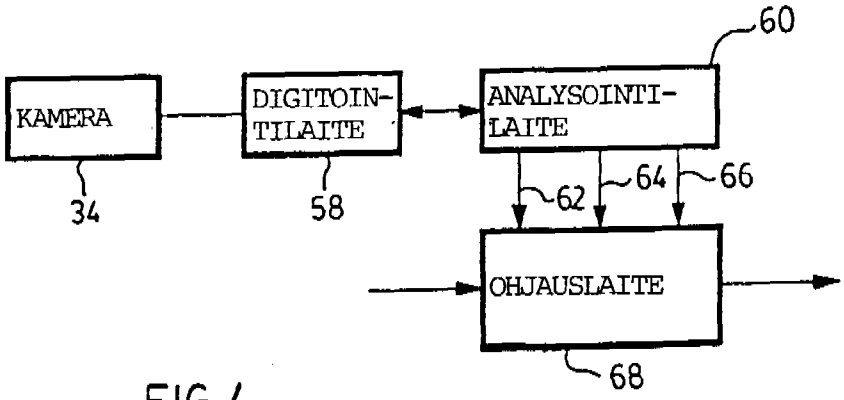

FIG. 4.

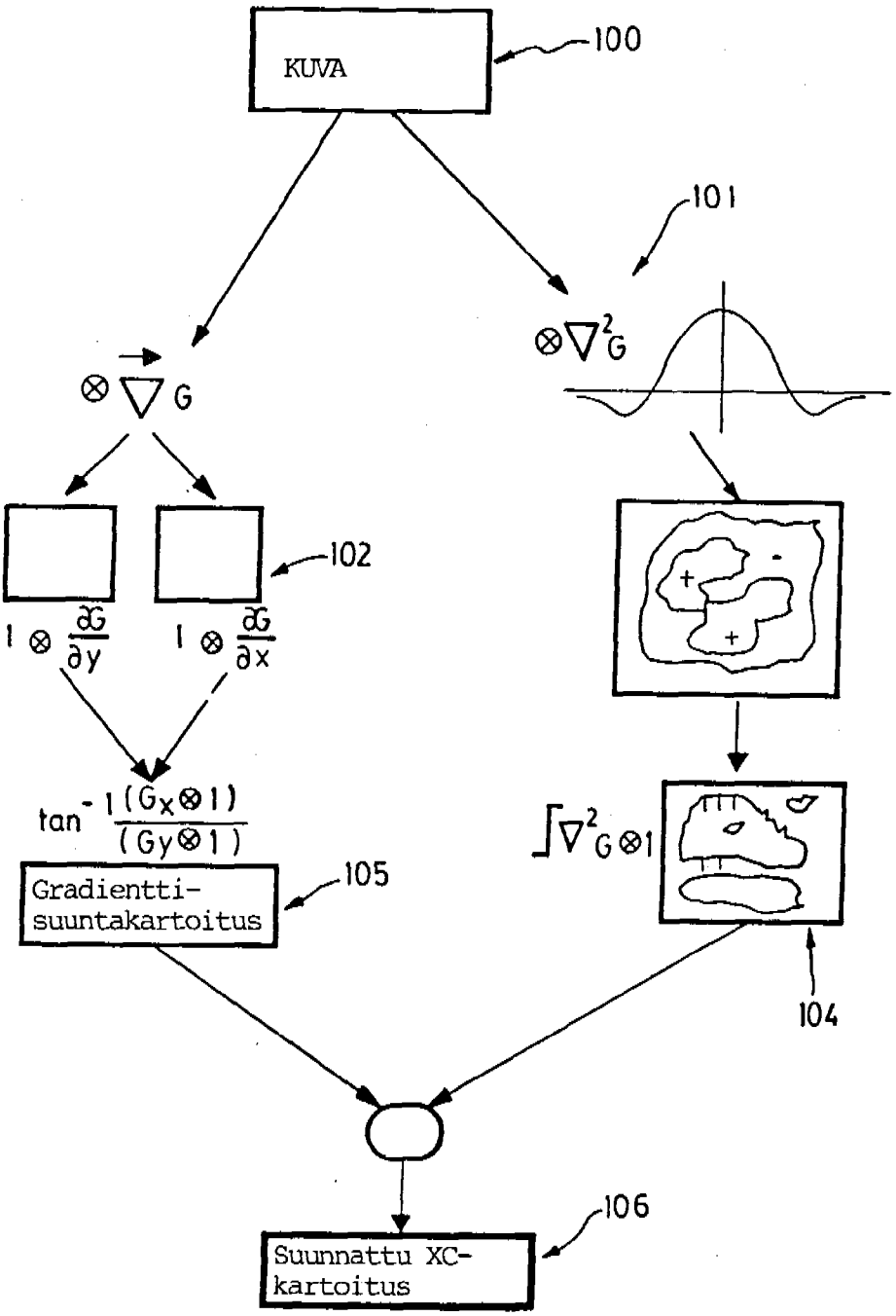
KUVA
100
101
$\otimes \nabla G$
$\otimes \nabla^2 G$
102
$I \otimes \frac{\partial G}{\partial y}$
$I \otimes \frac{\partial G}{\partial x}$
$\tan^{-1} \frac{(G_x \otimes I)}{(G_y \otimes I)}$
Gradientti-suuntakartoitus
105
$\int \nabla^2 G \otimes I$
104
106
Suunnattu XC-kartoitus

FIG. 5.

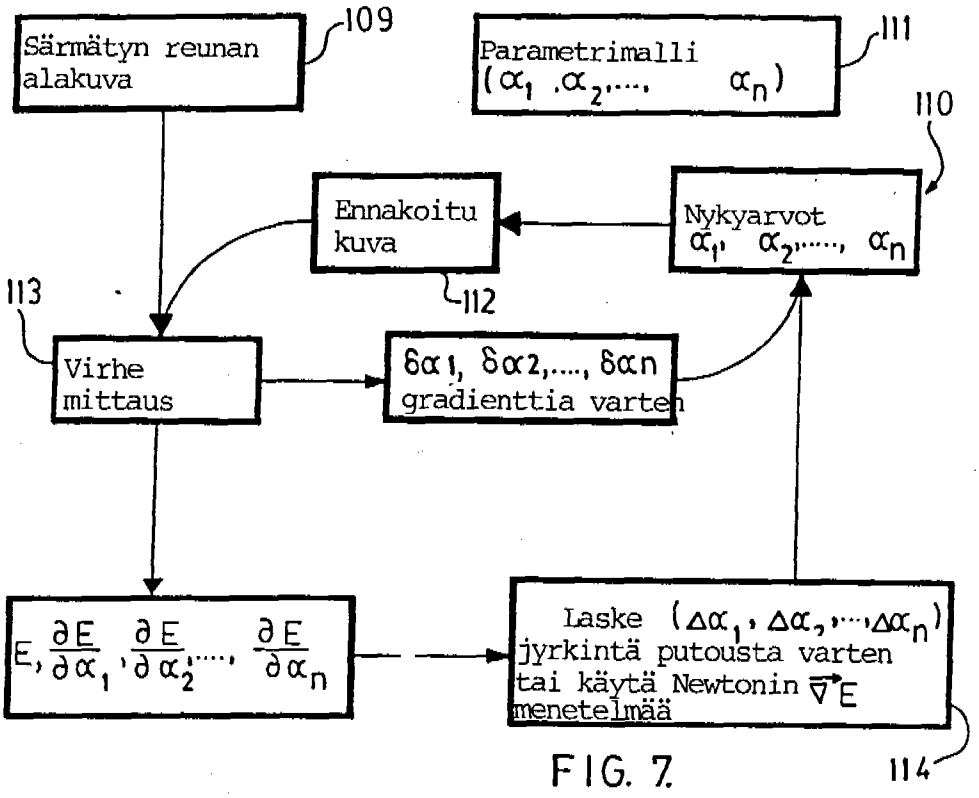
Särmätyn reunan alakuva
109
Parametrimalli ($\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n$)
111
110
Ennakoitu kuva
112
Nykyarvot $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n$
113
Virhe mittaus
$\delta\alpha_1, \delta\alpha_2, \ldots, \delta\alpha_n$ gradienttia varten
$E, \frac{\partial E}{\partial \alpha_1}, \frac{\partial E}{\partial \alpha_2}, \ldots, \frac{\partial E}{\partial \alpha_n}$
Laske $(\Delta\alpha_1, \Delta\alpha_2, \ldots, \Delta\alpha_n)$ jyrkintä putousta varten tai käytä Newtonin $\vec{\nabla} E$ menetelmää
114

FIG. 7.

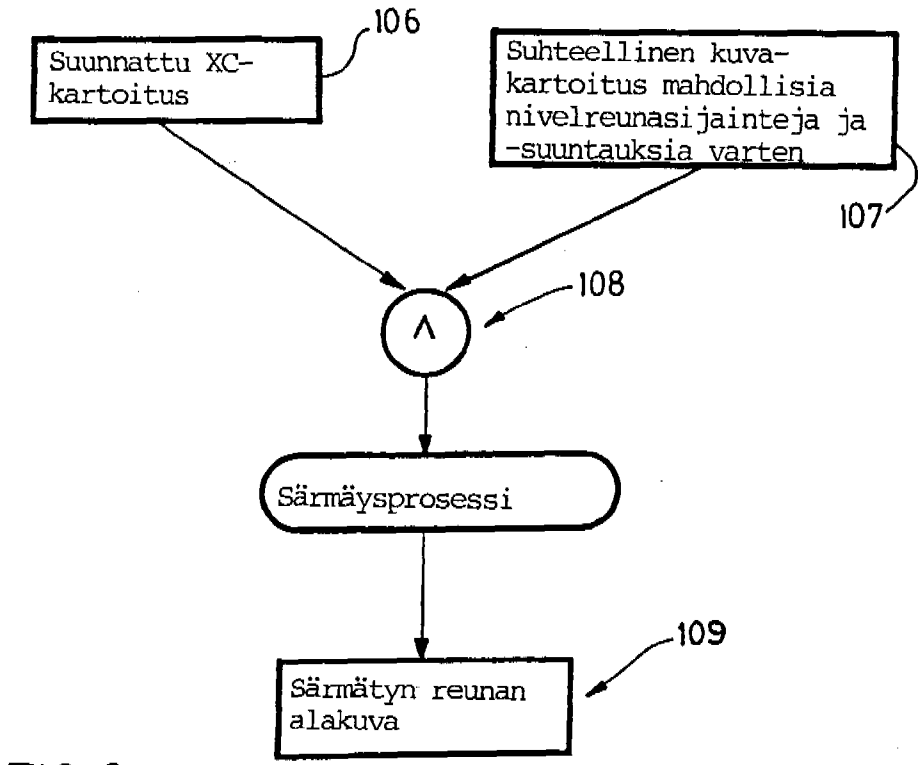
Suunnattu XC-kartoitus
106
Suhteellinen kuva-kartoitus mahdollisia nivelreunasijainteja ja -suuntauksia varten
107
108
Särmäysprosessi
Särmätyn reunan alakuva
109

FIG. 6.